SCIENCE DIMENSION

1975/4

National Research Council Canada
Conseil national de recherches Canada

SCIENCE DIMENSION

Vol. 7, No 4, 1975

Contents /Sommaire

4 Rise of a Prairie "sun" flower
Fleurs d'or dans les Prairies 5

10 Up in the air over pesticide accountancy
Contre la dérive des nuages d'aérosols 11

16 Tuned to the wavelengths of the universe
A l'"écoute" de l'univers 17

20 Mavericks of the solar system
Suicides dans le système solaire 21

24 Vitavax — synthesis to sales
Le Vitavax, de la synthèse à la vente 25

28 On the edge of life
Resquilleur génétique 29

Science Dimension is published six times a year by the Public Information Branch of the National Research Council of Canada. Material herein is the property of the copyright holders. Where this is the National Research Council of Canada, permission is hereby given to reproduce such material providing an NRC credit is indicated. Where another copyright holder is shown, permission for reproduction should be obtained directly from that source. Enquiries should be addressed to: The Editor, Science Dimension, NRC, Ottawa, Ontario. K1A 0R6, Canada. Tel. (613) 993-3041.

La revue Science Dimension est publiée six fois l'an par la Direction de l'information publique du Conseil national de recherches du Canada. Les textes et les illustrations sont sujets aux droits d'auteur. La reproduction des textes, ainsi que des illustrations qui sont la propriété du Conseil, est permise aussi longtemps que mention est faite de leur origine. Lorsqu'un autre détenteur des droits d'auteur est en cause la permission de reproduire les illustrations doit être obtenue des organismes ou personnes concernés. Pour tous renseignements, s'adresser à la Rédactrice-en-chef, Science Dimension, CNRC, Ottawa, Ontario. K1A 0R6, Canada. Téléphone: (613) 993-3041.

Credits: page 3, Carleton University, Ottawa; pages 6–7, 9, Prairie Regional Laboratory, NRC; page 10–11, Cessna; pages 12, 14, 15, National Aeronautical Establishment, NRC; page 16 (top), Hans Blohm, Ottawa; pages 16–17 (bottom), Herzberg Institute, NRC; page 20 (diagram), Miss C.W. Clyde, NRC; page 26, Uniroyal Limited; page 27, Miss Phyllis Sturgeon, NRC.

Illustrations: page 3, Carleton University, Ottawa; pages 6–7, 9, Laboratoire régional des Prairies, CNRC; pages 10–11, Cessna; pages 12, 14, 15, Établissement aéronautique national, CNRC; page 16 (en haut), Hans Blohm, Ottawa; pages 16–17 (en bas), Institut Herzberg, CNRC; page 20 (diagramme), Mlle C.W. Clyde, CNRC; page 26, Uniroyal Limited; page 27, Mlle Phyllis Sturgeon, CNRC.

Managing Editor Loris Racine **Directeur**
Editor Joan Powers Rickerd **Rédactrice-en-chef**
Associate Editors Wayne Campbell, Dr. Wally Cherwinski **Rédacteurs-en-chef adjoints**
French Texts Georges Desternes, Claude Devismes **Textes français**
Graphics-Production Robert Rickerd **Arts graphiques-Production**
Photography Bruce Kane **Photographie**
Printed by Mortimer 31059-5-0001 **Imprimeur**

Tribute to Dr. C.J. Mackenzie — A scientific statesman

En hommage au Dr Mackenzie Savant et homme d'État

CFTRI LIBRARY
MYSORE-2A
10 FEB 1976

Dr. C.J. Mackenzie (center), former President of the National Research Council of Canada (1944-52), converses with Dr. Gerhard Herzberg (right), NRC's Nobel laureate, and Mr. Clyde Kennedy, Atomic Energy of Canada Limited, at a reception held in his honor at Carleton University in June. The occasion was the initial showing of "Nuclear Pioneers", a videotape documentary produced by Dr. Wally Cherwinski, Public Information Branch, in collaboration with Carleton University Television in Ottawa, highlighting Dr. Mackenzie's contribution to the development of nuclear energy in Canada.

Narrated by Dr. Herzberg, the program underlined the prominent role played by Dr. Mackenzie in supporting a joint Anglo-Canadian research team in Montreal during the early 1940's. This research, organized under NRC, led eventually to the construction of Canada's first experimental nuclear reactor at Chalk River in 1945, the earliest ancestor of today's CANDU system. Dr. Mackenzie retired from NRC to become founding President of Atomic Energy of Canada Limited.

Le Dr C.J. Mackenzie (au centre), Président du Conseil national de recherches du Canada de 1944 à 1952, s'entretient avec le Dr Gerhard Herzberg (à droite), du CNRC et Prix Nobel, et avec M. Clyde Kennedy, de l'Énergie atomique du Canada Ltée, lors d'une réception en son honneur à l'Université Carleton, en juin, à l'occasion de la première du film magnétoscopique "Nuclear Pioneers" (Les pionniers de l'ère nucléaire), oeuvre du Dr Wally Cherwinski, de la Direction de l'information publique, en collaboration avec le groupe de télévision de l'Université Carleton, à Ottawa, et mettant en relief la contribution du Dr Mackenzie au développement de l'énergie nucléaire au Canada.

Commenté par le Dr Herzberg, le film a mis en évidence le rôle éminent que le Dr Mackenzie a joué lors de la création et du soutien de l'équipe de recherche anglo-canadienne durant les premières années après 1940 à Montréal. Ces recherches, organisées par le CNRC, ont conduit à la construction, à Chalk River en 1945, du premier réacteur nucléaire expérimental canadien qui est l'ancêtre du réacteur CANDU d'aujourd'hui. Le Dr Mackenzie a quitté le CNRC pour fonder l'Énergie atomique du Canada Ltée et en devenir le premier président.

Rapeseed success story —
Rise of a Prairie "sun" flower

New plant breeding methods that rely on sensitive techniques of chemical analysis have been used to improve Prairie rapeseed. Scientific teamwork has elevated rapeseed to the status of a major Canadian crop.

More than one western farmer, returning home after an absence of several years, has been mystified by the change in some of the crops. Where once there were only cereals growing on the Prairies (wheat, barley and oats), now many of the fields contain a peculiar plant topped with clusters of tiny yellow flowers. Stranger yet, these new plants look suspiciously like yellow mustard, a troublesome weed usually found in Prairie wheat fields. The expatriate westerner may therefore be forgiven if he feels that things have taken a turn for the worse, with farmers now cultivating what they used to expend great effort in destroying.

But there is little cause for concern. It is not a weed that he observes growing on the rolling plains, but rapeseed, a valuable oilseed plant that has risen in the space of a few short years to the status of Canada's fourth most extensively-sown annual crop. From modest beginnings in the early 1940's as a source of marine lubricant, rapeseed now meets a major portion of Canada's edible oil needs and finds extensive use as a protein meal in livestock rations. This rapid rise to prominence has earned for it the tag "Cinderella" crop.

The story of rapeseed is really a series of stories, intersecting and complementing each other at key stages along the path of development. The farmer, the scientist, the processor and the industrialist, all had their own distinct working areas, each with its special set of problems. Taken together, they provide a balanced version of how the crop was introduced to western Canada.

If one of the important features of the project was cooperation, and most of the participants agree that it was, nowhere did this have a greater effect than among the scientists involved. The web of research activity that grew over the years in response to the problems of the rapeseed industry was centered in Saskatoon, Saskatchewan, with scientists at the National Research Council's Prairie Regional Laboratory (PRL) playing one of the key roles. Dr. Burton Craig, the present Director of the Laboratory, was an early scientist in the field.

"Rapeseed farming received its first big push during the Second World War when the military needed an oil lubricant for steam engines," says Dr. Craig. "Rapeseed oil was well-suited to this purpose, and traditional European and Asiatic sources were no longer available. Farmers took a chance on this new crop because the sale was guaranteed by government contracts. A European species, *Brassica campestris,* referred to as 'Polish rapeseed', was already being grown in small quantities on the Prairies and a second plant species with a more desirable oil, popularly known as 'Argentine rapeseed' (*Brassica napus*), was introduced in 1943."

The acreage under rapeseed cultivation grew steadily, but with the end of the war and a conversion from steam to diesel engines, the market for the crop dropped off drastically. Despite an export potential (rapeseed is a foodstuff in the Orient), the seeded acreage had dipped to 400 acres (160 ha) by 1950 from a postwar high of 80,000 acres (32 000 ha).

During this hiatus, interest in rapeseed was kept alive by a few visionary men who saw it not only as a potential source of edible oil (most of which Canada imported) but also as an alternative crop to wheat, whose over-production caused severe economic problems for Prairie farmers.

The late Dr. Henry R. Sallans, then Head of the Engineering Section at PRL, was one of the people who believed in the future of rapeseed. With Prairie processor J. Gordon Ross and Agriculture Canada plant breeder Dr. William J. White, he forms part of a trio often referred to as the "grandfathers" of the rapeseed industry. Shortly after PRL opened in 1948, Dr. Sallans gathered together a research team that included Dr. Craig (a biochemist) and two other NRC scientists, biochemist Dr. Leslie Wetter and chemical engineer Dr. Clare Youngs. The attention of scientists with the ability to carry out fundamental research was thus turned to the problems of rapeseed.

"How do you take a green, unattractive machine lubricant and turn it into an oil fit for human consumption?" asks Dr. Craig. "That's the problem we were faced with. Even the protein meal, the part left after the oil is pressed from the seed, was not particularly good for feeding livestock. What we

The results of three decades of developmental research. This rapeseed plant matures before the Prairie frost, its 200-odd seeds ripen at the same time, and exhibit high yields of an oil free from substances that formerly excluded its use as a human food. All this from a plant that began as a source of lubricating oil for steam engines!

Une belle histoire: celle du colza
Fleurs d'or dans les Prairies

De nouvelles méthodes basées sur des techniques d'analyse chimique fine ont été utilisées pour améliorer les récoltes de graines de colza dans les Prairies. Grâce à ces travaux scientifiques le colza est devenu maintenant une culture canadienne majeure.

Plus d'un fermier de l'ouest du Canada, qui revient au pays après plusieurs années d'absence, est étonné du changement de certaines récoltes. Alors qu'autrefois on ne cultivait que des céréales dans les Prairies canadiennes, c'est-à-dire du blé, de l'orge et de l'avoine, maintenant de nombreux champs sont réservés à une plante particulière couronnée de petites fleurs jaunes. Ce qui est encore plus étrange, c'est que ces plantes nouvelles ressemblent beaucoup à de la moutarde jaune, sorte de mauvaise herbe que l'on trouve habituellement dans les champs de blé de cette région. Il faut donc pardonner au fermier de retour qui pense peut-être que la situation a tourné au pire puisque l'on cultive maintenant une plante que l'on s'évertuait autrefois à détruire.

Mais il n'y a pas lieu de s'inquiéter. Ce n'est pas une mauvaise herbe qui couvre les immenses plaines de l'ouest mais le colza, plante précieuse pour son huile et qui occupe maintenant, après seulement quelques années de culture au Canada, la quatrième place parmi les plantes cultivées. Cette culture du colza a commencé dans les premières années après 1940 dans le but d'en tirer une huile servant à lubrifier des machines de la marine mais, maintenant, cette plante fournit la plus grande partie des huiles de consommation courante des Canadiens et également des protéines pour les animaux. C'est la plante miracle!

En fait, l'histoire de la graine de colza est une somme d'histoires ayant des interactions entre elles. Le fermier, le scientifique, l'industriel ont eu chacun un rôle à jouer et, si l'on connaît ces rôles, on est amené à penser que la graine de colza a été introduite rationnellement dans l'ouest du Canada.

Il s'agit de travaux faits en coopération, surtout au niveau de la recherche, qui s'est développée au cours des années pour essayer de résoudre les problèmes de l'industrie du colza. Cette industrie était centrée à Saskatoon, dans la Saskatchewan, et c'est là que les chercheurs du Laboratoire régional des Prairies du Conseil national de recherches du Canada ont joué un des rôles clefs. Le Dr Burton Craig, actuellement directeur du laboratoire, a été l'un des pionniers en ce domaine.

Il nous a dit: "La culture du colza a reçu sa première impulsion au cours de la Deuxième Guerre mondiale lorsque la marine avait besoin d'un lubrifiant pour les machines à vapeur. L'huile de colza convient parfaitement mais on ne pouvait se la procurer plus longtemps en Europe ou en Asie. Les fermiers se sont donc lancés dans cette nouvelle culture d'autant plus qu'une espèce européenne, *Brassica campestris*, que l'on appelait "graine de colza polonaise", était déjà cultivée en petites quantités dans les Prairies et aussi du fait que la vente était garantie par le gouvernement. Une deuxième espèce dont l'huile semblait plus intéressante et appelée populairement "colza d'Argentine", *Brassica napus*, a été introduite au pays en 1943."

Les étendues cultivées en colza se sont développées avec les années mais lorsque l'on est passé des machines à vapeur aux moteurs Diesel, à la fin de la guerre, la demande est fortement tombée. Malgré des possibilités d'exportation vers l'Orient où le colza sert de nourriture, la surface cultivée en colza était tombée des 80 000 acres (32 000 ha) du temps de guerre à 400 acres (160 ha) dès 1950.

Toutefois quelques hommes perspicaces s'intéressaient toujours au colza qu'ils ne voyaient pas seulement comme source potentielle d'huile comestible dans un Canada importateur de ces huiles mais aussi comme plante compensatrice du blé en ce sens que les fluctuations du marché du blé, en raison de la surproduction, étaient à l'origine de problèmes économiques sérieux pour les fermiers des Prairies.

A cette époque, le Dr Henry R. Sallans, aujourd'hui décédé, était chef de la section de génie du Laboratoire régional des Prairies et il était aussi l'un de ceux qui croyaient en l'avenir du colza. Avec M. J. Gordon Ross, spécialisé dans le traitement des produits agricoles, et le Dr William J. White, phytogénéticien d'Agriculture Canada, il est de ceux que l'on a souvent appelé les "grands-pères" de l'industrie du colza. Peu de temps après la création du Laboratoire régional des Prairies en 1948, le Dr Sallans a constitué une équipe de recherche comprenant le Dr Craig, biochimiste, et deux

Résultats de trois décennies de recherches appliquées au développement. Ce colza est mûr avant le froid; ses 200 graines environ mûrissent en même temps et son rendement est élevé en huiles maintenant comestibles. Autrefois, ces huiles ne servaient qu'à la lubrification des machines à vapeur!

needed to do was develop better varieties of rapeseed by plant breeding and come up with processing modifications that improved the quality of the oil and the meal. Both these objectives would require a much greater knowledge of the chemical and nutritional aspects of the natural products of rapeseed."

Such a program needed laboratories with particular specialties. As luck would have it, many of these were located on the campus of the University of Saskatchewan at Saskatoon. Agriculture Canada was there with its plant breeders, the University Departments of Animal and Poultry Science with their facilities for nutritional studies, and PRL with its fundamental research capability. Nearby, the Saskatchewan Wheat Pool operated a crushing plant for processing rapeseed.

Many of the problems with rapeseed were related to the presence of undesirable substances in the seed. During two decades of research, PRL characterized these compounds and developed methods of microanalysis that allowed others to remove them by plant breeding programs. Plant breeders have increasingly come to depend upon chemistry, their selection practices no longer being simply a matter of visual identification of plant features. Now it also consists of scanning for substances which can only be measured by fairly sophisticated chemical techniques. The development of rapeseed varieties low in the oil component erucic acid is a good example of this kind of chemogenetic study.

In Dr. Craig's early work at PRL, he developed a method of fatty acid analysis that allowed the rapid testing of very small amounts of rapeseed oil (formerly the test took two weeks with no less than a pound of oil). These studies showed that the level of one of the fatty acids, erucic acid, varied considerably depending on the plant variety tested. "Our results indicated that there was a genetic basis to this variation," says Dr. Craig, "and that it would be possible to develop varieties very low in erucic acid content by plant breeding."

In 1960, plant breeders at the University of Manitoba, using the Craig technique to monitor the program, produced just such a selection of rapeseed from Liho, a variety which was a biennial (two-year growth period) and unsuitable as an oilseed crop.

Dr. Craig then increased the sensitivity of the method to the point where it was possible to measure the oil content in portions of individual seeds, setting the stage for the next advance. With Agriculture Canada plant breeder Dr. Keith Downey, a "half-seed" breeding program was initiated that produced Oro, the first commercial variety of rapeseed low in erucic acid.

What was the purpose in reducing the level of this fatty acid, other than for purely academic interest? At the time, its practical advantages seemed marginal.

However, the importance of Oro and other LEAR (low erucic acid rapeseed) varieties became clear recently when nutritional studies implicated the substance in the formation of heart lesions. Because of this early work, the rapeseed industry was able to respond quickly to the problem, and today most of the rapeseed grown in Canada is of the LEAR type.

The other major area of research involved substances known as glucosinolates, sulphur-containing sugars peculiar to the *Cruciferae*, the rapeseed plant family. Breakdown products of these compounds, which give the "hot" flavors to horseradish and mustards, were implicated early in growth disorders of animals fed rapeseed meal. The cooperative work of Drs. Wetter and Youngs resulted in an understanding of the nature of these little-known compounds, their nutritional effects and how they are altered during seed processing.

This photograph taken in 1969, shows four of the NRC scientists involved in the rapeseed research program discussing the results of an oil analysis. The late Dr. Henry Sallans, then Head of the Engineering Section at PRL, points to an area of interest while Dr. Lesley Wetter (left) looks on. Second from right, the present Director of PRL, Dr. Burton Craig, and Dr. Clare Youngs.

Photographie, prise en 1969, de quatre scientifiques du CNRC discutant des résultats d'une analyse d'huile. Le Dr Henry Sallans, aujourd'hui décédé, montre un point intéressant alors que le Dr Leslie Wetter (à gauche) regarde. Le directeur actuel du LRP, le Dr Burton Craig, est le deuxième à partir de la droite; le quatrième scientifique est le Dr Clare Youngs.

These collaborative studies led to a sensitive method of glucosinolate analysis and, after the fashion of the erucic acid research, to low-glucosinolate plant varieties.

Like many scientific odysseys, the work with glucosinolates has the elements of a detective story in which a given set of effects is confused in having more than one causal source. In the early days of rapeseed meal production, it was known that there were problems involved in using it to feed livestock. Farmers were counselled to use it sparingly as a protein source in animal rations.

Says Dr. Wetter: "One of the first clues to the meal problem was the superior nutritional quality of the Polish rapeseed over that of the Argentine species. It suggested a species difference in the level of some toxic compound. Also, there were differences in the products from the expeller process, where high temperatures are generated in squeezing the oil from the rapeseed, and in a milder method

Fleurs d'or . . .

autres scientifiques du CNRC, le Dr Leslie Wetter, biochimiste, et le Dr Clare Youngs, ingénieur chimiste. C'est ainsi que la recherche fondamentale sur le colza a commencé.

Le Dr Craig pose la question: "Comment faire en partant d'un lubrifiant vert sans grand intérêt pour obtenir une huile comestible? C'était le problème que nous devions résoudre. Même les protéines que l'on obtenait en pressant les graines n'étaient pas particulièrement bonnes pour l'alimentation du bétail. Il nous fallait donc mettre au point de meilleures variétés de colza par croisement et aussi trouver des procédés qui permettraient d'améliorer la qualité de l'huile et des tourteaux. Pour y parvenir il devenait nécessaire d'étudier plus en détail les sous-produits du colza sur les plans chimique et nutriciel."

Il est alors apparu que de nouveaux laboratoires spécialisés devenaient nécessaires. Nous avons eu la chance d'en trouver à l'Université de la Saskatchewan où travaillaient déjà les phytogénéticiens d'Agriculture Canada, les chercheurs des Départements des sciences des animaux et des volailles de l'université, avec leurs installations d'études de la nutrition, et aussi les chercheurs du CNRC dans leur laboratoire de recherches fondamentales. Non loin de là, on pouvait utiliser pour traiter les graines de colza un pressoir appartenant au "Saskatchewan Wheat Pool".

De nombreux problèmes étaient liés à la présence de substances indésirables dans les graines. Au cours de deux décennies de recherches, le LRP a caractérisé ces composés et développé des méthodes de microanalyse qui ont conduit à leur élimination par croisement. De plus en plus, on s'est trouvé à dépendre de la chimie du fait que, habituellement, la sélection était très simple et se bornait à une identification uniquement visuelle des caractéristiques végétales. Aujourd'hui, il faut détecter et mesurer localement la quantité de ces substances pour avoir leur répartition et ces mesures ne peuvent se faire qu'à l'aide de techniques chimiques assez compliquées. L'obtention de variétés de graines de colza donnant une huile à faible proportion d'acide érucique est un bon exemple de cette sorte d'étude à la fois chimique et génétique.

Au cours de ses premiers travaux au LRP, le Dr Craig a mis au point une méthode d'analyse des acides gras permettant de procéder rapidement à des essais sur de très petites quantités d'huile (auparavant, un essai prenait deux semaines et exigeait au moins une livre d'huile!). Ces études ont montré que le pourcentage de l'un des acides gras, l'acide érucique, variait beaucoup selon les variétés. Le Dr Craig nous a dit: "Nos résultats ont montré que cette variation avait une origine génétique et qu'il serait possible de mettre au point, à l'aide de croisements, des variétés ayant une très faible proportion d'acide érucique."

En 1960, les phytogénéticiens de l'Université du Manitoba ont réussi à produire une variété appropriée de graines de colza en se servant de la technique du Dr Craig. Appelée "Liho", la variété nouvelle était biennale mais ne convenait pas sous le rapport de l'huile.

Le Dr Craig a alors augmenté la sensibilité de la méthode jusqu'au point où il a été possible de mesurer le contenu en huile en certains points des graines prises individuellement, ce qui ouvrait la voie pour de nouveaux progrès. Grâce à la collaboration du Dr Keith Downey, phytogénéticien d'Agriculture Canada, un programme de croisement "en demi-graines" a été lancé ce qui a donné "Oro", la première variété commerciale de graines de colza à faible proportion d'acide érucique.

Quel but se proposait-on d'atteindre en réduisant le pourcentage de cet acide gras, en dehors de toute curiosité scientifique? A cette époque les avantages semblaient marginaux.

L'importance de Oro et autre LEAR (pour "Low Erucic Acid Rapeseed", c'est-à-dire graine de colza à faible proportion d'acide érucique) était alors apparue clairement lorsque les études sur la nutrition avaient mis en relief le rôle joué par cette substance dans l'apparition de lésions cardiaques. Grâce à ces premiers travaux, les industriels traitant le colza ont pu rapidement résoudre leurs problèmes et, aujourd'hui, la plupart des graines de colza qui poussent au Canada sont du type LEAR.

L'autre domaine majeur de recherches concernait des substances connues sous le nom de glucosinolates, c'est-à-dire des sucres contenant du soufre, et particulières aux crucifères, famille à laquelle appartient le colza. Ces composés donnent des produits qui font que le raifort et la moutarde sont considérés comme "piquants" et qui causent des désordres de croissance chez les animaux alimentés en tourteaux ou en farine de colza. Les travaux du Dr Wetter et du Dr Youngs ont conduit à mieux connaître ces composés, leurs effets nutriciels et les transformations qu'ils subissent au cours du traitement des graines. Ces derniers travaux, faits en collaboration, ont conduit à la mise au point d'une méthode d'analyse fine des glucosinolates et, après avoir appliqué la même méthode que pour l'acide érucique, de différentes variétés de plantes à faible proportion de glucosinolates.

Comme dans le cas de nombreuses aventures scientifiques, les travaux sur les glucosinolates ressemblent beaucoup à une histoire policière où l'on pense à tort que des effets ont différentes origines. Au début de l'utilisation des

A field of rapeseed in central Saskatchewan. The gold of the Prairie wheat fields has been partly replaced by the yellow of this valuable oilseed crop.

Champs de colza dans le centre de la Saskatchewan. Le jaune d'or, la couleur des Prairies en raison des champs de blé, a été partiellement remplacé par le jaune du colza.

that uses a solvent to extract the oil. Meals from this latter process gave better results in growth trials. The obvious question was: Were these two observations related?"

As it turned out, they were not.

Working with poultry nutritionist Dr. R.L. Clandinin of the University of Alberta, the PRL scientists showed that the heat from the expeller process destroyed the amino acid lysine, one of the building blocks of the proteins. Part of the meal problem then was a deficiency in this essential substance and could be corrected by regulating the heat produced in the oil extraction process.

At the same time, Dr. Wetter was working on the chemistry of the glucosinolates since they had been connected with thyroid gland enlargement in animals. He developed the first assay system for these compounds in rapeseed and showed that, as suspected, their levels were higher in the Argentine varieties than in the Polish, which gave better meals. With the lysine complication out of the way, nutritional experiments with the University of Saskatchewan Animal Science Department left little doubt that glucosinolates were implicated in animal growth depression. Dr. Wetter's work showed that it was not the intact glucosinolates that were harmful, but the products that result when they are degraded by one of the seed enzymes. The crushing of the seeds mixes this enzyme with the glucosinolates and degradation takes place.

This discovery made sense out of a problem that the Saskatchewan Wheat Pool was having with rapeseed oils produced by a new solvent-extraction method. The oil could not be used for margarines and shortenings because it could not be hydrogenated (hardened). Dr. Youngs was aware that sulfur compounds were notorious poisons of catalytic processes like hydrogenation, and suspected the glucosinolate breakdown products, which contain sulfur.

An easy solution would be the inactivation of the enzyme by a heat treatment, being careful not to destroy the lysine in the process.

"The problem was solved in the cooking step," says Dr. Youngs. "By quickly raising the temperature, but without excessive heat, the enzyme is denatured, leaving the lysine intact. We found that oils produced by this method were well suited to margarine and shortening production. The secret was to maintain the glucosinolates in an undegraded form."

It turned out that there was another benefit to having intact glucosinolates.

"Rapeseed meals produced by this method minimized thyroid enlargement in animals," explains Dr. Youngs. "Just as in the industrial problem, the culprit compounds were the breakdown products, not the glucosinolates themselves."

Later, the two PRL scientists devised a sensitive analytical method for glucosinolates that worked on very small samples. The technique showed that the levels of these compounds varied in rapeseed varieties and led to a breeding program by Dr. B.R. Stefansson of the University of Manitoba to produce a rapeseed low in both erucic acid and the glucosinolates. This variety, called Tower, was introduced to western Canada in 1974.

Although research continues in the rapeseed area, notably in the improvement of the oil and meal and the development of plants with thin hulls (the fibrous "wrappers" on the seed), the major constraints to its becoming an important oilseed crop in world trade have been removed. In 1974, 3.2 million acres (1.3 million ha) were under rapeseed cultivation on the Prairies, an 8,000-fold increase over the planting in 1950. Canada is now the largest exporter of the crop in the world.

Cooperation — this has been the most important aspect of the rapeseed story. Though emphasis has been placed on the teamwork among the scientists, it existed throughout the rapeseed industry as a whole, among farmers, oilseed processors, and businessmen of the food industry. The exchange of information in the arena of international agricultural science was also important. Without this cooperation, devoid as it was of formal structuring, rapeseed might have remained for Canadians what it was in the early stages of development—a laboratory curiosity. □

Wayne Campbell

tourteaux de colza pour l'alimentation des animaux on savait déjà qu'il existait certains problèmes. On avait d'ailleurs conseillé aux fermiers de ne pas trop s'en servir comme source de protéines pour nourrir leurs animaux.

Écoutons le Dr Wetter: "L'un des premiers indices, en ce qui concerne le problème des tourteaux, était la qualité nutritive supérieure de la graine de colza polonaise par rapport à celle du colza d'Argentine. On pensait qu'il s'agissait probablement d'un produit toxique dont le pourcentage était plus élevé chez cette dernière. En outre, les procédés d'extraction étaient quelque peu différents puisque l'un utilisait un pressoir, ce qui faisait monter la température, alors que l'autre utilisait un solvant pour extraire l'huile. Ce dernier procédé donnait de meilleurs résultats au cours des essais de croissance. La question évidente devenait: Est-ce qu'il y a une relation entre ces deux observations?"

En fait, on a trouvé qu'il n'y en avait pas.

Le Dr R.L. Clandinin, spécialiste de la nutrition des volailles à l'Université de l'Alberta, et les scientifiques du LRP ont montré que la chaleur détruisait la lysine, un acide aminé et l'une des composantes des protéines. Le problème des tourteaux devenait donc partiellement celui d'une déficience de cette substance essentielle et il pouvait être résolu en régularisant la quantité de chaleur produite dans le pressoir.

En même temps, le Dr Wetter travaillait sur les propriétés chimiques des glucosinolates puisque ces derniers avaient été impliqués dans le développement anormal de la glande thyroïde chez les animaux. Il a mis au point le premier système d'analyse de ces composés contenus dans le colza et il a montré que, comme on le soupçonnait, leur pourcentage était plus élevé dans les espèces argentines que dans les polonaises. Le problème de la lysine étant alors résolu, des expériences nutricielles faites avec le Department des sciences des animaux de l'Université de la Saskatchewan ont laissé peu de doute sur le fait que les glucosinolates étaient impliqués dans le ralentissement de la croissance de l'animal. Les travaux du Dr Wetter ont montré que ce n'était pas les glucosinolates intacts qui étaient dangereux mais les produits qui en résultent lorsqu'ils sont dégradés par l'un des enzymes des graines. L'écrasement de ces graines donne un mélange de cet enzyme et de glucosinolates et la dégradation a lieu.

Cette découverte a permis de résoudre un problème du "Saskatchewan Wheat Pool" concernant les huiles de colza produites par une nouvelle méthode d'extraction par solvant. L'huile produite par cette méthode ne pouvait pas servir à fabriquer de la margarine ou des graisses de cuisine car il était impossible de les hydrogéner, c'est-à-dire de les durcir. Le Dr Youngs sachant que les composés du soufre empêchaient les processus catalytiques d'avoir lieu, tels que l'hydrogénation, a pensé que les produits résultant de la détérioration des glucosinolates contenaient du soufre.

Une solution facile aurait pu consister à rendre l'enzyme inactif par traitement à la chaleur en faisant très attention de ne pas détruire la lysine.

Il nous a dit: "Le problème a été résolu en cours de cuisson. En élevant rapidement la température sans trop produire de chaleur, l'enzyme est dénaturé et la lysine n'est pas perturbée. Nous avons trouvé que des huiles produites par cette méthode étaient très bien adaptées à la fabrication de la margarine et des graisses de cuisine. Le secret consistait à maintenir les glucosinolates sous une forme non dégradée."

Il s'est trouvé que de laisser les glucosinolates intacts conduisait à un autre avantage.

Le Dr Youngs nous a expliqué: "Les tourteaux de colza produits par cette méthode réduisent au minimum le

The selection of a rapeseed variety low in erucic acid depended upon knowing the level of the compound in individual seeds. This was accomplished by the "half seed" experiments of NRC's Dr. Burton Craig and Agriculture Canada's Dr. Keith Downey at Saskatoon in the early 1960's. Part of the seed was cut away for erucic acid analysis and the other half containing the embryo was planted for further breeding. A normal rapeseed plant with two cotyledons (primary leaves) is shown on the left for comparison with plants from the "half seed" program. Depending upon how the seed was cut, one cotyledon will be missing entirely (right) or each cotyledon will be cut in half (center).

La sélection d'une variété de graines de colza faible en acide érucique était basée sur la détermination du pourcentage de cet acide dans les graines prises individuellement. Cette détermination a été possible grâce aux expériences sur "demi-graines" conçues par le Dr Burton Craig du CNRC et le Dr Keith Downey, d'Agriculture Canada, à Saskatoon, au début des années 1960. Une partie de la graine était coupée pour analyser l'acide érucique et la deuxième moitié contenant un embryon était plantée. On montre une plante de colza normale à deux cotylédons, à gauche, pour pouvoir la comparer avec des plantes du programme de "demi-graines". Suivant la manière dont la graine était coupée, on obtenait un cotylédon de moins (à droite) ou alors chaque cotylédon était coupé en deux (au centre).

grossissement anormal de la glande thyroïde chez les animaux. Tout comme pour le problème industriel, les composés "coupables" étaient les produits de détérioration et non pas les glucosinolates eux-mêmes."

Plus tard, les deux scientifiques du LRP ont conçu une méthode analytique fine pour les glucosinolates et qui permettait de travailler avec de très petits échantillons. La technique a montré que les pourcentages de ces composés variaient en fonction des variétés et elle a conduit à la mise sur pied d'un programme de production par le Dr B.R. Stefansson de l'Université du Manitoba, de graines à faibles pourcentages de glucosinolates et d'acide érucique. Cette variété appelée "Tower" a été introduite en 1974 dans l'ouest du Canada.

Quoique les recherches continuent dans le domaine des graines de colza, notamment pour développer des plantes à enveloppes fibreuses minces, les problèmes majeurs ont été résolus. En 1974, on cultivait dans les Prairies 3,2 millions d'acres (1,3 million d'ha) en colza soit 8 000 fois plus qu'en 1950. Le Canada est maintenant le plus grand exportateur de colza du monde.

La caractéristique principale de ces études sur le colza est la coopération qui ne s'est pas limitée aux équipes de chercheurs mais s'est étendue aux cultivateurs et aux industriels intéressés, ceux des industries alimentaires inclus. Les échanges internationaux d'information ont été aussi très importants. Sans cette collaboration, d'ailleurs non organisée dans le cadre d'une structure préétablie, le colza serait probablement resté, pour les Canadiens, ce qu'il était au début, c'est-à-dire une curiosité de laboratoire. □

Measurement and prediction —

Up in the air over pesticide accountancy

Aerial spraying of forest and croplands has the disadvantage that a proportion of the sprayed chemicals can be transported, in droplet or vapor form, for considerable distances from the target area. Two NRC researchers have developed means of monitoring and predicting the movement of these chemicals.

During a two- to three-week period each summer, about 5,000 tons (5 080 t) of pesticide are applied to 20 million acres (8 million ha) of the Canadian Prairies and approximately one-seventh of this amount is sprayed over 15 million acres (6 million ha) of forest. While the concern of an ecologically sensitive society about indiscriminate applications of toxic chemicals to forest and farmland is justified, it is important to emphasize that at the present time it is only by selective employment of the appropriate weapons from the chemical armoury that adequate protection of these two major Canadian natural resources can be ensured. Employment of potentially hazardous materials is inherent to a wide range of essential human activities, from gasoline in cars to uranium in nuclear reactors. Total abandonment of such materials is neither practical nor prudent. The key to their safe employment lies in adopting strict accounting and control procedures to ensure that storage and application, as well as the disposal of any waste residues, do not create an unacceptable environmental burden.

In the case of pesticides, such as various types of herbicides and insecticides, two mechanisms inhibit the maintenance of full accountancy for such chemicals when applied from aircraft. Airborne spray units atomize the sprayed liquid as it is released by relying on either suitable nozzles or the high speed slipstream to shatter the liquid into droplets with the result that a wide spectrum of droplet sizes is produced. While the larger droplets fall fairly rapidly and impact on target, smaller droplets can remain airborne in the form of an aerosol cloud, and such clouds tend to behave just like a gas cloud, drifting for considerable distances. A second area of uncertainty as to the ultimate fate of these chemicals is their loss through evaporation from the target area itself, the resultant vapor cloud drifting off downwind.

For some years, two researchers in the Unsteady Aerodynamics Laboratory of the National Research Council's National Aeronautical Establishment have been working on methods of measuring and predicting the dispersion of airborne pollutants that result from forestry and agricultural spraying activities. This program has involved work on two fronts: the development and testing of a rapid response detection system capable of aircraft installation, carried out by Dr. Lorne Elias, and the development and verification by field tests of a mathematical model to predict the vertical dispersion of airborne contaminants, carried out by Mr. Richard Crabbe.

If the dispersion of a plume of airborne contaminants is to be determined with any accuracy, it is necessary that a series of measurements of contaminant levels within the plume at various altitudes be made within a fairly short time. Dr. Elias points out that existing methods of determining pesticide levels usually rely on some ground-based means of sample collection which extracts the residues from large volumes of

Épandages aériens sans danger

Contre la dérive des nuages d'aérosols

L'épandage aérien de produits chimiques pour traiter les forêts et les cultures a cet inconvénient que ces produits peuvent être entraînés très loin par le vent. Deux chercheurs du CNRC ont mis au point des moyens permettant de prévoir la dérive de ces produits chimiques et de la réduire au minimum.

Pendant deux à trois semaines, chaque été, environ 5 000 tonnes (5 080 t) de parasiticides sont répandues sur 20 millions d'acres (8 millions d'ha) des Prairies canadiennes. Environ le septième de ce total sert à traiter 15 millions d'acres (6 millions d'ha) de forêts. Bien que l'inquiétude manifestée par une société à la corde écologique sensible face à une utilisation abusive de produits toxiques pour le traitement des forêts et des pâturages soit justifiée, il est important de souligner que ce n'est que par un emploi sélectif d'armes appropriées puisées dans l'arsenal chimique que l'on parviendra à protéger adéquatement ces deux importantes ressources canadiennes. L'utilisation de produits potentiellement dangereux est associée à une large gamme d'activités humaines essentielles et va de l'essence des voitures à l'uranium des réacteurs nucléaires. L'abandon total de ces produits n'est ni pratique ni prudent. Pour pouvoir les utiliser en toute sécurité il suffirait d'adopter des procédures de contrôle sévères garantissant que leur stockage et leur utilisation tout autant que l'élimination des produits résiduaires qui en découlent ne créent pas un fardeau écologique inacceptable.

Il y a, dans le cas des parasiticides et des herbicides, deux mécanismes qui empêchent une comptabilisation exacte de ces produits chimiques lorsqu'ils sont appliqués à l'aide d'aéronefs. Dans l'épandage aérien, le liquide est transformé en fines gouttelettes en sortant de tuyères spéciales ou en le libérant dans le courant d'air violent donné par le déplacement rapide de l'aéronef. Ainsi on obtient des gouttelettes ayant une gamme dimensionnelle très étendue. Alors que les gouttelettes de grand diamètre tombent assez rapidement et atteignent leur cible, les plus petites peuvent rester en suspension dans l'air et prendre la forme d'un nuage d'aérosol ayant tendance à se comporter comme un nuage ordinaire et à dériver sur des distances considérables. Un deuxième domaine d'incertitude est la quantité de ces produits perdue par évaporation sur le terrain et donnant un autre nuage entraîné par le vent.

Deux chercheurs du Laboratoire de l'aérodynamique instationnaire de l'Établissement aéronautique national du Conseil national de recherches travaillent depuis quelques années sur des méthodes permettant de mesurer et de prévoir la dispersion des polluants aéroportés pulvérisés au-dessus des forêts et des cultures. Ce programme a conduit les chercheurs à oeuvrer sur deux fronts: la mise au point et l'essai par le Dr Lorne Elias d'un système de détection à réponse rapide pouvant être monté à bord d'un aéronef, et la vérification par M. Richard Crabbe, au moyen d'essais in situ, d'un modèle mathématique permettant de prévoir la dispersion dans un plan vertical des polluants aéroportés.

Si l'on veut déterminer avec une certaine précision la dispersion des gouttelettes dans le "jet" étalé de polluants, il

air. The collection procedure involves a flow of air through an arrangement of filters, or other collection devices, for a period of time which depends on the levels to be measured (it may be a matter of hours).

"This method can detect very small concentrations of contaminants," says Dr. Elias. "For example, DDT concentrations as low as one part in 100,000,000,000,000,000 have been recorded (that's about equivalent to discerning one inch over a distance equal to 70 million trips around the world at the Equator), but the time involved means that the results give a picture of the cumulative background level, rather than telling what the level was at a particular time."

It was for this reason that Dr. Elias proceeded with the development of an airborne gas chromatograph into which air samples could be introduced directly, thus providing the capacity for fairly rapid localized sampling. Although limited in sensitivity and scope compared to ground-based installations, such an arrangement would offer the advantages of comparatively rapid response and mobility, enabling a series of measurements to be made within a relatively short time.

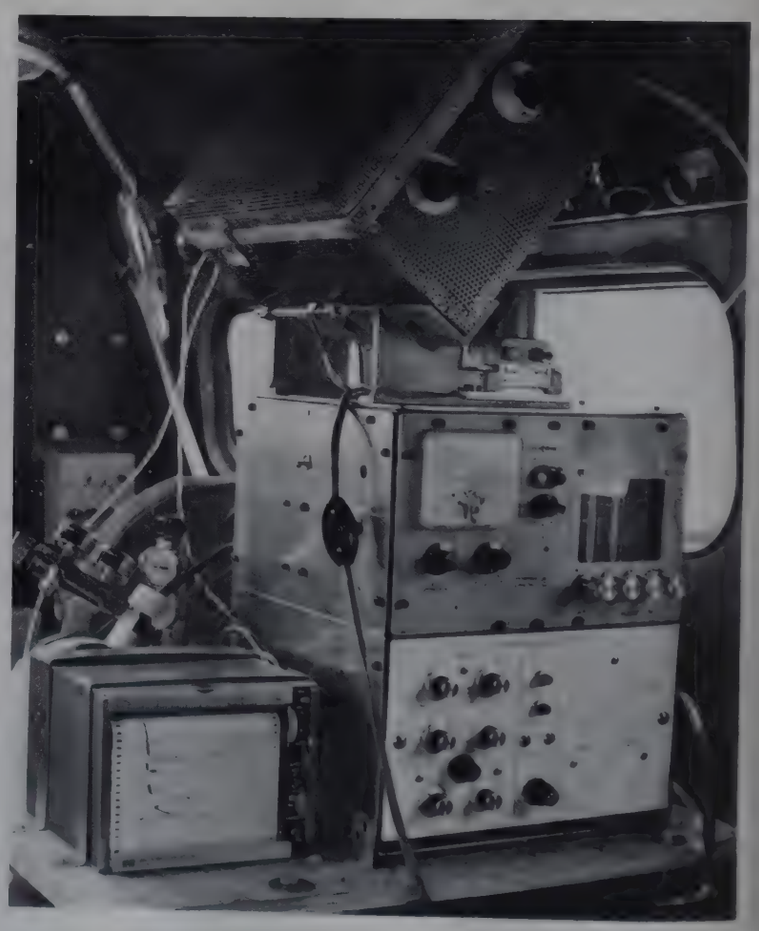
Gas chromatography is the process of separating a sample comprising a mixture of gases into its individual components. The term "chromatography" was coined from early experiments in which discrete colored bands were observed when an extract of plant pigments was poured through a column of granular adsorbent. Essentially, a gas chromatograph is a partitioning, or separating, device — the sample gas is passed through a tube or column containing a material which will absorb the various components to different degrees. (Adsorption, as distinct from absorption, is a mechanism whereby molecules of a substance will adhere to the surface of a solid; this is a reversible mechanism, and adsorbed gases may be subsequently released from the adsorbing material.) The gas mixture under investigation, moved along by a continuous stream of an inert carrier gas, flows through the adsorbing column; separation takes place, and the elapsed time before the components begin to make their appearance in the exit stream from the column serves as a means of identification. A sensor at the column exit indicates both the presence and the concentration of each component.

The gas chromatograph developed by Dr. Elias uses a single column and one of two detectors, either an electron capture or flame photometric detector (FPD). The instrument also includes a filter which can be valved into the circuit to provide clean air for reference purposes. In operation, air to be sampled enters the instrument via a heated inlet probe and proceeds into a sample loop. When the instrument is used for chlorinated herbicides, nitrogen gas is admitted to the sample loop to drive the air sample through the column and into the electron capture detector, an extremely sensitive and specific device.

To monitor levels of such widely-used insecticides as fenitrothion and phosphamidon, the chromatograph may be operated with the column valved out of the circuit, in which case the air sample is introduced directly into the flame photometric detector which responds to the phosphorus content of the sample, phosphorus being a readily identifiable constituent of both these pesticides. As the name suggests, the flame photometric detector consists of a hydrogen-rich flame, the light from which is directed through a filter to a photomultiplier. The filter transmits only those light emissions which are characteristic of phosphorus compounds and these are amplified by the photomultiplier.

Following laboratory tests, Dr. Elias installed the chromatograph in the NAE Beech 18 Expediter for flight trials. Preliminary tests confirmed that the instrument was not affected by vibration or aircraft motion. In June 1972, field trials were undertaken in the Saskatchewan wheat belt to test the ability of the airborne system to monitor herbicides in the atmosphere. The trials involved flying a 500-mile (800 km) triangular course at an average altitude of 500 feet (150 m). Of a total of 47 air samples taken during this flight, 23 showed evidence of pesticide concentrations corresponding to levels of a few parts per billion. Interestingly, herbicide vapor was also detected as high as 3000 feet (900 m) during a late, sunny afternoon flight, evidently carried aloft by convective turbulence. The following month, flight trials with the FPD were carried out in New Brunswick. Here, two forest areas were sprayed with fenitrothion and phosphamidon by a fleet of four spray aircraft as part of a program of spruce budworm control. Two sampling flights were carried out, the first with the NAE aircraft flying the same track as the spray aircraft, but lagging them by about 30 seconds, and the second roughly an hour after spraying had been completed. Approximately 300 samples were analyzed and it was found that while pesticide concentrations were very high and uneven immediately after spraying, an hour later, the distribution was low and uniform over the spray area.

The availability of Dr. Elias' chromatograph was a prerequisite for the series of field tests carried out by Mr. Crabbe to verify his mathematical model of airborne contaminants dispersion. As described earlier, airborne pesticides have two sources: firstly, chemical vapors which evaporate from sprayed areas and secondly, the small droplets from the initial spray release which fall so slowly that they are caught up and dispersed vertically by the turbulent air in a manner similar to that of a vapor cloud. The spread of



The gas chromatograph installed in the cabin of the aircraft. The output from the instrument is displayed on the strip chart recorder to the left.

Le chromatographe à bord de l'avion. Les données recueillies apparaissent graphiquement à gauche.

est nécessaire de mesurer assez vite leurs concentrations à différentes altitudes. Le Dr Elias souligne que les méthodes actuelles de détermination quantitative des parasiticides font appel à des dispositifs au sol de prélèvement d'échantillons dans de grand volumes d'air que l'on fait passer à travers une série de filtres ou d'autres dispositifs pendant un laps de temps qui varie en fonction des pourcentages à mesurer et qui peut être de plusieurs heures.

Écoutons le Dr. Elias: "Cette méthode permet de détecter de très petites concentrations de polluants et l'on a pu, dans le cas du DDT, enregistrer des concentrations ne dépassant pas $1/10^{17}$, c'est-à-dire un cent millionième de milliardième, ce qui équivaut à discerner un pouce sur une distance égale à 70 millions de fois le tour de la Terre à l'équateur. Cependant, la durée du contrôle permet d'avoir une vue d'ensemble de l'accumulation totale plutôt qu'un chiffre correspondant à une quantité à un moment donné."

C'est pour cette raison que le Dr Elias a entrepris la mise au point d'un chromatographe gazeux qui, installé à bord d'un aéronef, permet de prélever des échantillons d'air dans la zone étudiée et de les analyser assez rapidement en vol. Bien que sa sensibilité et que ses possibilités d'utilisation soient limitées par rapport aux installations au sol, cet instrument offre l'avantage d'une réponse relativement rapide et une mobilité autorisant une série de mesures dans des intervalles de temps relativement courts.

La chromatographie en phase gazeuse est une méthode qui permet de séparer les différents éléments d'un mélange gazeux. Le terme "chromatographie" a été créé à l'occasion d'expériences antérieures où l'on avait observé de discrètes bandes colorées après avoir versé un extrait de pigments végétaux dans une colonne d'adsorbants granulaires. Brièvement décrit, un chromatographe gazeux est un appareil dans lequel l'échantillon de gaz à analyser traverse un tube ou une colonne contenant une substance qui adsorbe les composants du gaz à des degrés variables. A la différence de l'absorption, l'adsorption est un mécanisme selon lequel les molécules d'une substance adhèrent à la surface d'un solide. C'est un mécanisme réversible et des gaz adsorbés peuvent être ultérieurement libérés. Le mélange gazeux étudié est maintenu en mouvement par un courant continu de gaz porteur inerte, traverse la colonne d'adsorption où la séparation a lieu et le temps qui s'est écoulé avant que les composants apparaissent dans le flux de sortie de la colonne sert à les identifier. Un capteur placé à la sortie de la colonne indique à la fois la présence et la concentration de chaque composant.

Le chromatographe gazeux mis au point par le Dr Elias utilise une colonne unique et un détecteur à captage électronique ou un détecteur photométrique à flamme. L'appareil comporte également un filtre qui peut être branché sur le circuit pour obtenir de l'air propre qui sert de référence. En service, l'air à analyser pénètre dans l'instrument par l'intermédiaire d'une sonde à entrée chauffée et arrive dans une boucle d'échantillonnage. Lorsque l'appareil est utilisé pour l'analyse d'herbicides chlorés, on introduit de l'azote dans la boucle d'échantillonnage pour entraîner les échantillons d'air dans la colonne et dans le détecteur à captage électronique qui est un dispositif extrêmement sensible et spécialisé.

Pour déterminer des concentrations d'insecticides aussi largement utilisés que le fénitrothion et le phosphamidon, la colonne du chromatographe peut être mise hors circuit, auquel cas l'échantillon d'air est introduit directement dans le détecteur photométrique à flamme qui réagit en présence du phosphore contenu dans l'échantillon, ce phosphore étant un composé facilement identifiable de ces deux parasiticides. Comme son nom l'indique, le détecteur photométrique à flamme est constitué d'une flamme à haute teneur d'hydrogène dont la lumière est dirigée sur un photomultiplicateur après avoir traversé un filtre. Ce filtre ne transmet que les caractéristiques des émissions lumineuses des composés phosphorés, caractéristiques qui sont amplifiées par le photomultiplicateur.

Après essais en laboratoire, le Dr Elias a installé un chromatographe à bord du Beech 18 "Expediter" de l'ÉAN pour essais en vol. Les essais préliminaires ont confirmé que l'appareil n'était pas affecté par les vibrations ou par les mouvements de l'avion. Au mois de juin 1972, des essais in situ ont été entrepris dans la ceinture de blé de la Saskatchewan pour déterminer l'aptitude du système aéroporté au contrôle de la teneur en herbicides de l'atmosphère. Les essais se sont déroulés sur un circuit triangulaire de 500 miles (800 km) à une altitude moyenne de 500 pieds (150 m). Sur les 47 échantillons d'air prélevés au cours de ce vol, 23 ont fait apparaître des concentrations de parasiticides correspondant à quelques milliardièmes. Il est intéressant de noter que de la vapeur d'herbicides a également été détectée jusqu'à 3 000 pieds au cours d'un vol en fin d'après-midi, vapeur qui avait de toute évidence été entraînée par la turbulence due à la convection. Le mois suivant on a procédé à des essais en vol du détecteur photométrique à flamme dans le Nouveau-Brunswick où deux zones forestières avaient été traitées au fénitrothion et au phosphamidon par quatre avions dans le cadre d'un programme de lutte contre la tordeuse des épinettes. On a fait deux vols d'échantillonnage, le premier avec un appareil de l'ÉAN suivant le même trajet que les avions pulvérisateurs mais avec un décalage d'environ 30 secondes et le deuxième environ une heure après la fin du traitement. On a analysé environ 300 échantillons et on a pu constater que les concentrations de parasiticides étaient très élevées et inégales immédiatement après l'opération alors qu'une heure plus tard leur répartition était uniforme et de faible densité sur la zone traitée.

Il était absolument indispensable de disposer du chromatographe du Dr Elias pour les essais sur le terrain afin de permettre à M. Crabbe de vérifier son modèle mathématique de polluants en suspension dans l'air. Comme décrit plus haut, ces parasiticides proviennent de deux sources, la première étant constituée par les produits chimiques sous forme de vapeur émanant des zones traitées et la seconde par de petites gouttelettes provenant de la pulvérisation initiale et qui tombent si lentement qu'elles sont entraînées et dispersées verticalement par l'air turbulent, un peu à la manière des gouttelettes d'un nuage ordinaire. Il est possible de calculer quelle sera la dispersion de ces deux sources de polluants à l'aide de certaines lois basées sur l'intensité de la turbulence de l'air donnée par le ralentissement de l'écoulement d'air par frottement au sol et sur la quantité de chaleur passant du sol dans l'air par unité de temps. La turbulence augmente en fonction de la rugosité du sol (présence d'arbres par exemple) et de la vitesse du vent et, si la quantité de chaleur transférée du sol à l'air par seconde est suffisamment grande la turbulence peut s'en trouver augmentée dans une proportion importante. Par temps couvert et relativement calme toutes les gouttelettes à l'exception des plus petites atteindront le sol assez rapidement alors que par une journée d'été ensoleillée avec brise, les gouttelettes d'un diamètre d'environ 10 microns, c'est-à-dire de 10 millièmes de millimètre, peuvent être dispersées verticalement en raison de la turbulence.

Pour vérifier son modèle M. Crabbe a dû faire deux séries d'expériences. Pour la première, il a fallu déterminer le comportement réel de la dispersion et le profil vertical de la concentration d'une émission pulvérisée s'étalant à basse

both these pollutant sources can be predicted by certain laws based on the intensity of air turbulence resulting from the drag of the ground on the airflow, and on the rate of heat transfer from the ground to the air. Turbulence will increase both with ground roughness (such as trees) and wind speed, and if the rate of heat transfer from ground to air is great enough, significant additional turbulence can be caused. In comparatively calm, overcast conditions all but the smallest spray droplets released over a target will fall fairly rapidly to the ground, but in the sunny, breezy conditions of a typical summer day, droplets of diameters of the order of 10 microns (ten thousandths of a millimeter) can be vertically dispersed by turbulent air.

In order to verify his model, Mr. Crabbe needed to carry out two series of experiments. First, it was necessary to establish the actual dispersion behavior and vertical concentration profile of a low-level gas plume, and second, to ascertain the maximum sizes of droplets whose vertical dispersion in the atmosphere, under various conditions of air turbulence, would be identical to that of a gas plume.

Initial investigations of gas plume dispersion and concentration levels were carried out using the airborne gas chromatograph with the column material selected to adsorb Freon gas (an inert gas commonly used as a refrigerant and as a propellant in aerosol cans). Typically, Freon was released at a uniform rate from a height of 80 feet (25 m) on a tower while crosswind sampling flights were made through the plume at various altitudes. The results provided a good picture of the dispersion of the gas plume and were in reasonable agreement with the predictions given by the model. However, in later tests, Mr. Crabbe had to abandon the use of Freon as a tracer gas since high background levels of Freon in the atmosphere were providing very unsatisfactory results (in some cases more than half the amount of Freon gas in each sample could be attributed to background levels). A further series of tests were carried out at the Rockcliffe Stolport in Ottawa, Ontario, using a brominated Freon as the tracer gas. In these tests, the gas chromatograph was mounted in a small van which was driven through the gas plume at a fixed downwind distance from its source. "This experiment established two things," points out Mr. Crabbe, "the fact that we could use brominated Freon as a tracer gas in this sort of work, and the validity of the data obtained from crosswind sampling of the gas plume."

In investigating the distribution of droplet size in an aerosol plume, Mr. Crabbe's principal experimental tool was a cascade impactor. "This functions rather like a series of progressively smaller sieves," he explains. "As the air containing droplets passes through it, droplets of successively smaller diameter are retained. Obviously, it's impossible to use sieves, so this instrument uses centrifugal force to deposit the droplets on a series of eight collector plates. The largest droplets hit the first plate, smaller ones the second, and so on. From the amount of liquid retained by each plate, we can calculate what proportion of the aerosol was made up of droplets of a particular size range."

Field experiments using the cascade impactor were carried out at an airport near Russell, Ontario, using a mixture of light oils sprayed through an atomizer to generate an artificial aerosol plume. Since drop size measurements were needed both near the ground and near the top of the plume, the impactor was mounted on a mast so that its position could be varied from near-ground level to a height of up to 20 ft (6 m). Tests carried out in fairly windy conditions (a windspeed of 20 mph [32 km/h] was recorded) provided Mr. Crabbe with particularly satisfying results. "The ratio of the total amount of liquid collected at the lower and upper levels was .23," he says. "Under similar conditions the equivalent ratio for a tracer gas would also be .23, so we can say that under these conditions we have demonstrated that the vertical dispersion of droplets up to at least 12 microns in diameter (99% of the aerosol was ascertained to be in droplets of 12 microns or less) is identical to that of the tracer gas. Field data such as these may be correlated with certain observable properties of the turbulence to enable us to predict the fate of droplets in a given spraying situation."

Two views of the chromatograph probe protruding through the cabin roof of the NAE Beech Expediter.

Le cylindre qui dépasse du fuselage dans ces deux vues est le capteur du chromatographe.

The work carried out by Mr. Crabbe and Dr. Elias has provided two important defences against the unchecked spread of a particularly unpleasant breed of chemicals through the environment. The mathematical model, developed and verified by Mr. Crabbe, provides the necessary information to ensure that aerial spraying operations are carried out when meteorological conditions favor minimal off-target dispersion of the pesticide. In addition, Dr. Elias' gas chromatograph provides the means of detecting and measuring with some accuracy the spread of airborne contaminants through the atmosphere. However, there is another significant aspect to this particular research project, and this is the fact that an aeronautical engineering establishment was able to effectively utilize its resources in solving a problem which seemed to be outside its strict purview.This project is a clear example of how a research establishment can directly respond to a societal need. □

David Mosey

altitude et, pour la deuxième, déterminer avec certitude les diamètres maximaux des gouttelettes dont la dispersion verticale dans l'atmosphère, pour différentes valeurs de la turbulence, serait identique à celle d'une émission gazeuse étalée.

Les premières études de la dispersion de l'émission gazeuse et des pourcentages de concentration ont été faites à l'aide du chromatographe gazeux aéroporté dont la colonne contenait un matériau choisi pour adsorber le Fréon qui est un gaz inerte couramment utilisé comme réfrigérant et pour donner la pression nécessaire à la pulvérisation des fluides contenus dans les vaporisateurs. Dans ces expériences, du Fréon était libéré à débit constant du haut d'une tour de 80 pieds (25 m) et des vols d'échantillonnage avaient lieu à différentes altitudes de manière à traverser le nuage de gouttelettes émises perpendiculairement à sa direction de propagation. Les résultats nous ont donné une bonne représentation de la dispersion et confirmé de façon satisfaisante les prévisions faites à l'aide du modèle. Cependant, au cours d'essais ultérieurs, M. Crabbe a dû abandonner ce gaz comme marqueur en raison du fait que sa concentration élevée dans l'atmosphère conduisait à des résultats tout à fait inacceptables car, en effet, dans certains cas, plus de la moitié du Fréon contenu dans chaque échantillon se trouvait probablement dans l'atmosphère avant l'expérience. On a procédé à une autre série d'essais sur le terrain ADAC de Rockcliffe, à Ottawa, en utilisant du Fréon au brome comme traceur. Pour ces essais, le chromatographe gazeux avait été monté à bord d'une petite fourgonnette avec laquelle on traversait l'émission gazeuse à une distance prédéterminée du point d'émission. Laissons la parole à M. Crabbe: "Cette expérience a permis d'établir deux choses, d'une part que nous pouvions utiliser pour ce travail du Fréon au brome comme traceur et, d'autre part, la validité des données obtenues par l'échantillonnage transversal de l'émission gazeuse."

With the chromatograph on board, the Expediter prepares to take off for a proving flight.

Le chromatographe à son bord, l'"Expediter" va décoller pour faire un échantillonnage.

Three of the Stearman spray aircraft used in the New Brunswick experiment.

Trois des "Stearman" dont on s'est servi pour les expériences dans le Nouveau-Brunswick.

Pour étudier la répartition dimensionnelle des gouttelettes dans une émission, le principal instrument expérimental dont s'est servi M. Crabbe était un collecteur à grilles qu'il nous décrit: "Le principe de fonctionnement de cet instrument rappelle en quelque sorte celui de tamis à mailles décroissantes de sorte que les grosses mailles placées en amont laissent passer les gouttelettes plus petites qui sont retenues à leur tour par les tamis à mailles plus petites en aval. Comme il est bien évident qu'on ne peut se servir de tamis, cet instrument fait appel à la force centrifuge pour que les gouttelettes se déposent sur huit plaques collectrices. Les gouttelettes ayant le plus grand diamètre frappent la première plaque, celles qui sont moins grosses la seconde et ainsi de suite. Compte tenu de la quantité de liquide retenue par chaque plaque, nous pouvons calculer la proportion des gouttelettes de dimensions situées dans une gamme donnée."

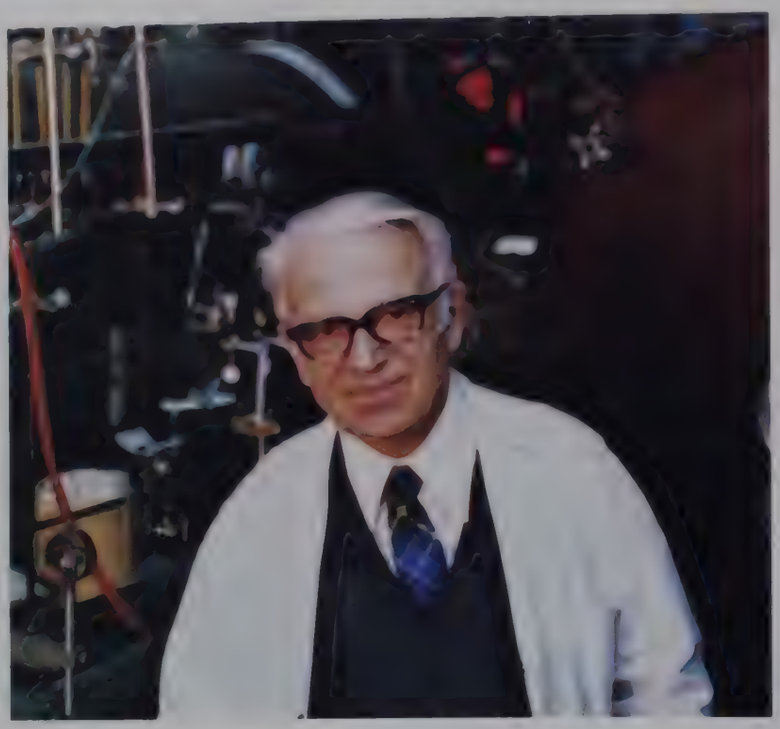
Les essais sur le terrain avec un collecteur à grilles ont été faits sur un aéroport près de Russell, dans l'Ontario, avec un mélange d'huiles légères transformées en fines gouttelettes à l'aide d'un vaporisateur. Étant donné que l'on voulait connaître le diamètre des gouttelettes à proximité du sol et près du sommet du nuage émis, on a monté le collecteur sur un mât pour que l'on puisse faire varier sa position d'un niveau proche de celui du sol à une hauteur pouvant atteindre 20 pieds (6 m). Les essais, qui ont été faits avec un vent assez fort puisqu'on a enregistré une vitesse de 20 miles à l'heure (32 km/h), ont permis à M. Crabbe d'obtenir des résultats particulièrement satisfaisants puisqu'il nous a dit: "La quantité totale de liquide recueillie au niveau du sol était égale à 0,23 fois celle du niveau supérieur. Dans des conditions similaires, le rapport équivalent pour un gaz traceur serait également de 0,23; nous pouvons donc dire que dans ces conditions nous avons démontré que la répartition verticale des gouttelettes ayant un diamètre maximum pouvant atteindre 12 microns au moins, (on s'était assuré que 99% de l'aérosol était fait de gouttelettes d'un diamètre inférieur à 12 microns) est identique à celle du gaz traceur. Les données recueillies in situ comme celles-ci peuvent être comparées avec certaines propriétés observables de la turbulence pour pouvoir déterminer ce qu'il adviendra des gouttelettes dans une situation donnée d'épandage."

Grâce au travaux du Dr Elias et au modèle mathématique de M. Crabbe on dispose maintenant des moyens permettant de procéder à des épandages aériens dans des conditions météorologiques favorables, c'est-à-dire les meilleures pour réduire au minimum la dispersion des parasiticides en dehors des cibles. De plus, le chromatographe gazeux du Dr Elias offre le moyen de détecter et de mesurer avec une certaine précision l'évolution des polluants en suspension dans l'atmosphère. Le fait qu'un établissement de génie aéronautique ait pu utiliser ses ressources pour résoudre un problème débordant le cadre de sa mission traditionnelle est l'un des autres aspects importants de ce projet de recherche. Il fournit un exemple particulièrement frappant de la manière dont un organisme de recherche peut apporter sa contribution à la solution d'un problème qui nous affecte tous. □

The Herzberg Institute of Astrophysics — Tuned to the wavelengths of the universe

NRC's new Herzberg Institute of Astrophysics has integrated several groups of scientists with research interests in optical astronomy, radio astronomy, cosmic rays and laboratory astrophysics. The Institute has been created to serve as a focal point for astrophysical research in Canada.

"This year's Nobel prize winner in Chemistry, Dr. Gerhard Herzberg, is generally considered to be the world's foremost molecular spectroscopist and his large institute in Ottawa is the undisputed center for such research. It is quite exceptional, in the field of science, that a single individual, however distinguished, in this way can be the leader of a whole area of research of general importance. A noted English chemist has also said that the only institutions that have previously played such a role were the Cavendish laboratory in Cambridge and Bohr's institute in Copenhagen." *Prof. Stig Claesson, Swedish Royal Academy of Sciences, speaking in 1971 at the award ceremony in Stockholm.*



"Le lauréat du Prix Nobel de chimie de cette année, le D Gerhard Herzberg, est considéré comme l'un des plus grands experts du monde entier en spectroscopie moléculaire et le grand centre de recherches où il travaille, à Ottawa, est reconnu comme le grand foyer de ces études. C'est tout à fait exceptionnel, dans les sciences, qu'une seule personne si distinguée soit-elle, puisse de cette manière devenir un des savants les plus écoutés dans un domaine scientifique aussi vaste. Un chimiste anglais bien connu a également dit que les seuls centres de recherches ayant déjà joué un tel rôle sont le Laboratoire de Cavendish, à Cambridge, et l'Institut de recherches de Bohr, à Copenhague". *Professeur Stig Claesson, de l'Académie royale des siences de Suède.*

Not many directors are in the enviable position of having a Nobel laureate on staff.

Dr. Jack Locke, recently appointed Director of the National Research Council of Canada's new Herzberg Institute of Astrophysics, is one who is.

The Institute, created in April, 1975, is named in honor of Dr. Gerhard Herzberg, distinguished NRC scientist who will continue active laboratory research within the new organization. The world-renowned Spectroscopy Section of the Division of Physics, founded by Dr. Herzberg in 1948, will form the initial nucleus for the Institute's work in laboratory astrophysics.

"Naturally, I felt greatly honored by the name chosen for the new Institute," says Dr. Herzberg. "More and more, I feel that answers to some of the really important unsolved questions about our universe lie in astrophysics.

"As one of the workers in the Institute, I do hope, by laboratory investigations, to make further contributions to the solution of problems in the study of comets, of planets and of the interstellar medium."

In forming the new Institute, several aspects of NRC activity have been integrated. One large component is the Astrophysics Branch of the Radio and Electrical Engineering Division (REED) which involves activities in optical astronomy, radio astronomy and upper atmosphere research. Other elements, including cosmic ray research and Dr. Herzberg's Spectroscopy group, have come from the Division of Physics.

"In principle, the Institute has been created to serve as more than a new research Division," says Dr. Locke. "We hope it will become a focal point for astrophysical research in Canada and will develop into a center of scientific excellence in this field."

During the coming months, the Ottawa-based components will be brought together under one roof in NRC's Sussex Drive building

A close interaction between scientists is one of the keys

The heart of the Canada-France-Hawaii telescope project is the giant telescope mirror. The Herzberg Institute's Dominion Astrophysical Observatory in Victoria, B.C., is responsible for grinding and polishing the surface of the 14-ton (12.6 t) mirror blank (right) to the desired paraboloid shape. The entire painstaking operation, which requires accuracy to within a small fraction of the wavelength of light, is expected to last approximately three years.

Here, the mirror blank is prepared for the grinding operation which will be carried out with the large rotating grinding tool (standing at left) fitted with pyrex tiles on its underside.

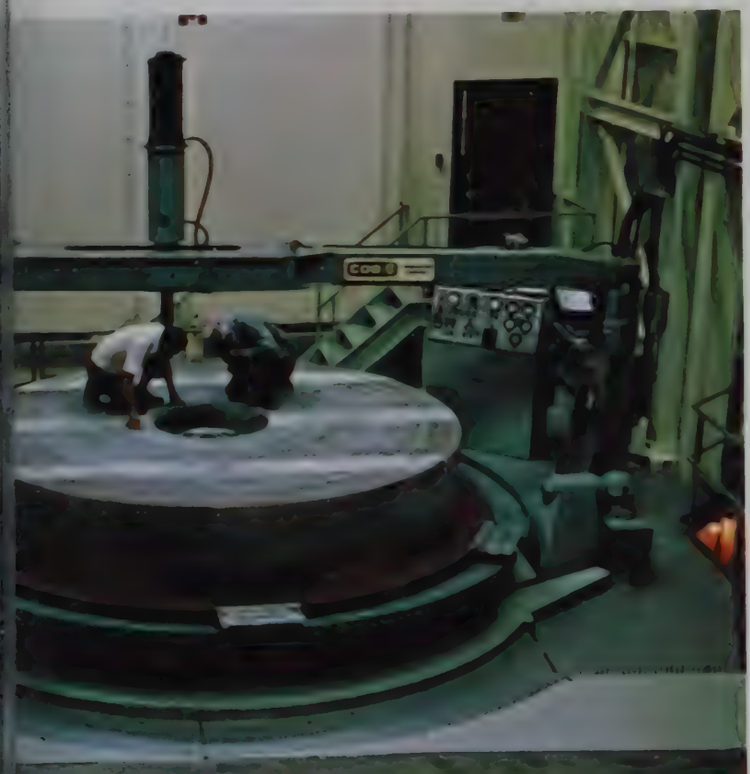
L'Institut Herzberg d'astrophysique
A l'"écoute" de l'univers

Le nouvel Institut Herzberg d'astrophysique du CNRC est formé de plusieurs groupes de chercheurs s'intéressant à l'astronomie optique, à la radioastronomie, aux rayons cosmiques et à l'astrophysique en laboratoire. L'institut a été créé pour servir de point de focalisation des recherches en astrophysique.

An advanced computer-operated data acquisition and telescope control system is maintained by NRC at the Algonquin Radio Observatory (ARO), a national facility where Canadian scientists study the weak natural radio frequency emissions of the universe. The Observatory's major instrument (background) is the 45 m (150-foot) diameter paraboloid reflector, which is among the world's most powerful telescopes at centimeter wavelengths. Numerous research programs at the ARO include studies of the structure and dynamics of interstellar gas clouds wherein stars are born, observations of quasars and of radio galaxies and measurements of the newly-discovered radio stars.

Le système de commande de télescope et d'acquisition des données asservi à un ordinateur qui est utilisé par le CNRC à l'Observatoire radio Algonquin, une installation nationale où les scientifiques canadiens peuvent étudier les faibles émissions radio naturelles émanant de l'univers. La composante majeure de cette observatoire, à l'arrière plan, est une antenne parabolique de 45 m (150 pieds) de diamètre. Ce télescope est un des plus puissants du monde pour les longeurs d'ondes de l'ordre du centimètre. Les nombreux programmes de recherche entrepris à cet observatoire comprennent des études de la structure et de la dynamique des nuages de gaz interstellaires où naissent les étoiles, des observations de quasars et de radiogalaxies et des mesures des étoiles radio récemment découvertes.

L'élément principal du télescope Canada-France-Hawaii est le miroir géant. L'Observatoire fédéral d'astrophysique de l'Institut Herzberg à Victoria, en Colombie britannique, a la responsabilité du meulage et du polissage de ce miroir de 14 tonnes (12, 6 t), à droite, qui doit être de forme parabolique. Ce travail minutieux, qui requiert une précision dont la tolérance doit être inférieure à une petite fraction de la longueur d'onde de la lumière, durera environ trois ans. Le meulage s'effectue à l'aide d'un grand polissoir rotatif (que l'on peut voir à gauche) dont la face inférieure est recouverte de carreaux de pyrex.



Peu de directeurs se trouvent dans la position enviable d'avoir un Prix Nobel parmi les membres de leur personnel.

Le Dr Jack Locke, récemment nommé directeur du nouvel Institut Herzberg d'astrophysique du Conseil national de recherches du Canada, a toutefois cette chance.

L'institut, créé en avril 1975, s'appelle Institut Herzberg d'astrophysique en l'honneur du Dr Gerhard Herzberg, "Scientifique de haute distinction" du CNRC et Prix Nobel qui, d'ailleurs, continuera de faire des recherches dans les laboratoires de ce nouvel organisme. La section de spectroscopie, de renommée mondiale, de la Division de physique du CNRC, a été créée par le Dr Herzberg en 1948 et c'est elle qui constituera le noyau initial des chercheurs travaillant dans le domaine de l'astrophysique en laboratoire.

Le Dr Herzberg nous a dit: "Naturellement, j'ai été très honoré par le fait que l'on a décidé de donner mon nom à ce nouvel institut. De plus en plus, je pense que les réponses à certaines des questions vraiment importantes que nous nous posons au sujet de notre univers relèvent de l'astrophysique."

"En tant que l'un des chercheurs de l'institut j'espère bien, grâce à des études en laboratoire, contribuer encore à la résolution de problèmes concernant les comètes, les planètes et le milieu interstellaire."

Plusieurs domaines d'étude du CNRC sont maintenant attribués à l'institut dont, notamment, ceux de la Direction de l'astrophysique de la Division de génie électrique où l'on travaillait en astronomie optique, en radioastronomie et où l'on faisait des recherches sur la haute atmosphère et aussi ceux qui, comme les recherches sur les rayons cosmiques et en spectroscopie (groupe du Dr Herzberg) relevaient jusqu'à maintenant de la Division de physique.

Le Dr Locke nous a dit: "En principe, l'institut a été créé pour être plus qu'une nouvelle division de recherche. Nous espérons qu'il deviendra le point de focalisation des recherches en astrophysique au Canada et qu'il se développera pour donner un centre d'excellence scientifique en ce domaine."

to effective research," says Dr. Locke. "Once we are established, the members of the Institute will have a chance to rub elbows."

The Institute's dowry also includes several observatories and experimental stations involved formerly with REED's Astrophysics Branch. Among these are the Dominion Astrophysical Observatory, the Dominion Radio Astrophysical Observatory, the Algonquin Radio Observatory, a series of meteorite tracking stations dotted across Canada's Prairie Provinces, as well as the Springhill Meteor Observatory and the Ottawa River Solar Observatory near Ottawa.

Dr. Locke feels the Institute will benefit greatly from a place in the international scientific community, and underlines the value of attracting guest scientists for short periods of sabbatical research within the Institute. "It takes a flow of people through an institute to keep it vital. Often, pure research, unless it's revitalized, runs the risk of becoming myopic."

Dr. Locke himself brings a wealth of research experience to his new position. Following early studies in molecular spectroscopy and solar research, he turned his attention to radio astronomy in the late 1950's and became one of the prime contributors to the development of long baseline interferometry in Canada. For the last five years, he has served as Chief of REED's Astrophysics Branch which was formed in 1970 to coordinate the work of various government groups engaged in astronomical and related research.

"Astrophysicists will face some stimulating challenges in the coming years," he says. "Hopefully, through the Institute structure, Canadian scientists will be able to develop an expertise in some exciting new areas of research."

Dr. Locke, describing some investigative procedures of modern astrophysics, says:

"In their research, astrophysicists cannot hope to obtain samples of the matter which comprises stars. (By contrast, the planetary astronomer can look forward to studying actual samples of material gathered from distant bodies in the solar system by planetary probes). Information can be gained only by receiving and interpreting the radiation from stars and from interstellar matter."

Until recently, the radiation received at the earth was limited to a narrow band of wavelengths in the optical region of the spectrum. Adequate techniques were not available to explore longer wavelengths, while shorter wavelength radiation was blocked by absorbing layers in the earth's atmosphere. In effect, scientists could peer through only a narrow slit in the broad radiation spectrum of the universe.

However, recent advances in astrophysics have extended the range of observed wavelengths to both higher and lower limits.

One giant step has been the advent of radio astronomy which involves the detection of radio frequency emissions from the universe. Using powerful radio telescopes, scientists have detected numerous spectral lines which arise from molecules in interstellar space. Whereas the radio spectrum once consisted of one atomic absorption (the 1420 MHz line of the hydrogen atom), the radio region now contains a host of molecular lines, including some associated with relatively complex species such as formaldehyde and ethyl alcohol.

"Spectral line research is one of the most exciting aspects of modern radio astronomy," says Dr. Locke. "The discoveries of new molecular lines provide valuable clues to our understanding of the interstellar medium."

The Herzberg Institute's radio frequency telescopes are located at the Dominion Radio Astrophysical Observatory in Penticton, British Columbia, and at the Algonquin Radio Observatory in Algonquin Park, Ontario. In addition to these, Institute scientists will use the 72-inch (1.85 m) and 48-inch (1.2 m) optical telescopes at the Dominion Astrophysical Observatory near Victoria, British Columbia. Other viewing facilities will become available in the years ahead.

Dr. Jack Locke, first Director of the Herzberg Institute of Astrophysics. Formerly Chief of the Astrophysics Branch of NRC's Radio and Electrical Engineering Division, he has been one of the prime contributors to the development of long baseline interferometry in Canada.

Le Dr Jack Locke, premier directeur de l'Institut Herzberg d'astrophysique. Anciennement directeur de l'astrophysique à la Division de génie électrique du CNRC, il a été l'un des premiers à contribuer au développement de l'interférométrie à grande base au Canada.

The Canada-France-Hawaii telescope, scheduled for completion by 1978, will give Canadian scientists access to a 144-inch (3.6 m) mirror, which has twice the diameter and four times the collecting area of the largest mirror at the Dominion Astrophysical Observatory.

"The new telescope's placement atop the 14,000 foot (4 200 m) Mauna Kea in Hawaii makes it an excellent instrument for research at infrared wavelengths," explains Dr. Locke. "With the opportunity to use this instrument, and with the resources of the Herzberg Institute, we hope to foster the development of a research group with expertise in the infrared region."

Another unique opportunity for advanced research may come in the 1980's with the American space shuttle program. "Of course there are no definite proposals yet," stresses Dr. Locke, "but we hope to have access to this exciting new facility."

An optical or radio observatory orbiting in space would be free from both the turbulence and the absorption properties of the earth's atmospheric envelope. As a result, detailed astrophysical observations could be made over a range of wavelengths including the extreme ultraviolet.

"In recent years, we've seen a much closer relationship between the radio astronomer and the spectroscopist," notes Dr. Locke. "The Institute has been formed at an opportune time when observational astronomy is making increasing use of new spectroscopic methods and instrumentation, and requires a strong back-up of laboratory astrophysics."

"At a time when the value of science is seriously questioned by some," concludes Dr. Herzberg, "the formation of the Institute seems to me to be a particularly fine gesture on the part of the Council. It is encouraging that activities have been and will be devoted to understanding the world in which we live. That effort is surely of great importance to humankind in the long run." □ **W.J. Cherwinski**

L'Institut Herzberg . . .

Au cours des mois prochains, les éléments se trouvant à Ottawa serons rassemblés sous le même toit dans le bâtiment du CNRC, promenade Sussex.

Écoutons le Dr Locke: "Une forte interaction entre les scientifiques est l'une des clefs ouvrant la voie sur une recherche efficace. Une fois que nous serons rassemblés au sein de l'institut nous aurons la possibilité de nous consulter beaucoup plus facilement."

L'institut a été doté de plusieurs observatoires et stations expérimentales relevant précédemment de la Direction d'astrophysique de la Division de génie électrique. On trouve notamment l'Observatoire fédéral d'astrophysique, l'Observatoire fédéral de radioastrophysique, l'Observatoire de radioastronomie d'Algonquin, un réseau de stations de poursuite de météorites dans les Prairies canadiennes, l'Observatoire de météorites de Springhill et l'Observatoire solaire de l'Outaouais, près d'Ottawa.

Selon le Dr Locke l'institut profitera grandement du fait qu'il aura sa place dans la communauté scientifique internationale et qu'il attirera des scientifiques invités à y faire de courtes recherches à l'occasion d'années sabbatiques. Il nous a dit: "Pour qu'un institut garde sa vitalité, il faut qu'il y ait un certain va-et-vient du personnel scientifique. Bien souvent, en recherche pure, on risque de devenir myope s'il n'y a pas une certaine "revitalisation"."

Le Dr Locke lui-même apporte une grande expérience dans la recherche. Après avoir fait tout d'abord des études en spectroscopie moléculaire et des recherches sur le soleil, il s'est intéressé à la radioastronomie dans les dernières années de 1950 et il est devenu l'un des premiers à contribuer au développement de l'interférométrie à grande base au Canada. Au cours des cinq dernières années, il a servi comme chef de la Direction d'astrophysique de la Division de génie électrique qui a été formée en 1970 pour coordonner les travaux de différents groupes gouvernementaux faisant des recherches en astronomie et dans des domaines connexes.

Écoutons-le: "Les astrophysiciens vont avoir à résoudre au cours des prochaines années des problèmes extrêmement intéressants. Nous espérons que, grâce à la structure de l'institut, les scientifiques canadiens seront à même d'acquérir une expertise dans certains domaines nouveaux très intéressants de la recherche."

Le Dr Locke a décrit certaines méthodes d'étude de l'astrophysique moderne:

"Dans la recherche, les astrophysiciens n'ont aucun espoir d'obtenir des échantillons de la matière qui constitue les étoiles. L'astronome planétaire, au contraire, peut espérer étudier des échantillons réels de matériaux ramassés par des sondes spatiales dans le système solaire et rapportés sur terre. Les renseignements stellaires et interstellaires ne peuvent donc être obtenus qu'en interceptant et en interprétant les rayonnements émanant des étoiles et de la matière interstellaire."

Jusqu'à ces derniers temps, les radiations interceptées sur la terre se sont limitées à une gamme étroite de longueurs d'onde de la région optique du spectre car on ne disposait pas de techniques adéquates pour explorer le spectre sur des longueurs d'onde plus longues; en outre, l'observation sur des longueurs d'onde plus courtes était impossible en raison de l'absorption par l'atmosphère terrestre de sorte que les scientifiques ne disposaient que d'une fenêtre très étroite dans le spectre très large des rayonnements émanant de l'univers.

Des progrès récents en astrophysique ont toutefois permis d'étendre la gamme des longueurs d'onde observées à des longueurs plus élevées et plus petites.

Un pas géant a été accompli lorsque, grâce à la radioastronomie, on a pu détecter des émissions sur des fréquences radio en provenance de l'univers. Avec des radiotélescopes puissants, les chercheurs ont détecté de nombreuses raies spectrales qui sont données par des molécules de l'espace interstellaire. Alors que le spectre radio ne consistait autrefois qu'en une absorption atomique sur 1 420 MHz, raie de l'atome d'hydrogène, la région radio aujourd'hui comporte de nombreuses raies moléculaires dont certaines sont liées à des espèces relativement complexes comme le formaldéhyde et l'alcool éthylique.

Écoutons le Dr Locke: "Les recherches dans le domaine des raies spectrales sont parmi les plus intéressantes de la radioastronomie moderne; les découvertes de nouvelles raies moléculaires donnent des renseignements précieux pour nous aider à mieux comprendre le milieu interstellaire."

Les radiotélescopes de l'Institut Herzberg se trouvent à l'Observatoire fédéral de radioastrophysique de Penticton, en Colombie britannique, et à l'Observatoire de radioastronomie d'Algonquin, dans l'Ontario. En plus de ces derniers, les chercheurs de l'institut se serviront des télescopes optiques de 72 pouces (1,85 m) et de 48 pouces (1,2 m) de l'Observatoire fédéral d'astrophysique se trouvant près de Victoria, en Colombie britannique. D'autres installations permettant de faire des observations deviendront disponibles au cours des années à venir.

Le télescope Canada-France-Hawaii, qui doit être terminé en 1978, permettra aux scientifiques canadiens de travailler à l'aide d'un miroir de 144 pouces (3,6 m), c'est-à-dire deux fois plus grand en diamètre et quatre fois plus grand en surface réfléchissante que le plus grand des miroirs de l'Observatoire fédéral d'astrophysique actuellement.

Le Dr Locke nous a expliqué: "On a placé le nouveau télescope en haut du Mauna Kea, montagne de 14 000 pieds d'altitude (4 200 m) dans l'île d'Hawaii, de manière à disposer d'un excellent instrument de recherche en infrarouge. Grâce à ce nouveau télescope et aux ressources mises à notre disposition par l'Institut Herzberg, nous espérons pouvoir former un groupe d'experts en infrarouge."

Il est possible également que l'on puisse exploiter dans les années 1980 une occasion unique de faire des recherches de pointe grâce à la navette spatiale américaine. Le Dr Locke a bien mis en évidence que: "Naturellement, il n'y a pas encore de propositions définies mais nous espérons pouvoir nous servir de ce véhicule des plus intéressants."

Un observatoire optique ou radio orbitant autour de la terre ne subirait pas l'influence de la turbulence atmosphérique et serait au delà de l'atmosphère terrestre qui absorbe certains rayonnements. Ainsi, on pourrait faire avec la navette spatiale des observations détaillées en astrophysique sur une gamme de longueurs d'onde s'étendant à l'extrême ultraviolet.

Le Dr Locke a remarqué: "Au cours des dernières années les relations entre les radioastronomes et les spectroscopistes sont devenues beaucoup plus étroites. L'institut a été créé au bon moment, c'est-à-dire au moment où l'astronomie basée sur des observations se sert de plus en plus de nouvelles méthodes spectroscopiques et de nouveaux instruments et exige que l'on dispose d'un soutien puissant dans le domaine de l'astrophysique en laboratoire."

Et le Dr Herzberg de conclure: "A un moment où la valeur des sciences est sérieusement remise en question par certains, la formation de l'institut me semble représenter un geste particulièrement adroit de la part du Conseil national de recherches. Il est encourageant de voir que des activités ont été consacrées et continueront de l'être à une plus grande compréhension du monde dans lequel nous vivons. Cet effort est certainement d'une très grande importance, à long terme, pour l'humanité." □

Mavericks of the solar system — Listening to meteors

Large meteoroids entering the atmosphere give rise to shock waves. Three researchers at the Herzberg Institute of Astrophysics are investigating the generation, propagation and detection of these sonic booms.

John Donne might be surprised to find that some 450 years after he wrote the line "Go and catch a falling star," this instruction was being followed to the letter by many scientists throughout the world who are active in meteor tracking and recovery programs. However, Donne would have readily appreciated the potential significance of information which can be obtained from the study of a captured "fallen star", or meteorite. Meteors are the mavericks of the solar system. Some originate as debris from comets, others from the solar system's asteroid belt, and the Earth encounters millions of them in the course of a 24-hour period. Almost all of these burn up in the upper atmosphere, and of the estimated 500 that annually survive the trip through the Earth's atmosphere, less than half fall onto land. Although a meteorite represents a rare find, it is not prized for its rarity, but rather for the information which can be extracted from it — information which may furnish clues about the origin and evolution of the solar system.

Under the aegis of the National Research Council, Canada maintains an extensive program of meteor investigation with the Meteor Observation and Recovery Project (MORP) and the Springhill Meteor Observatory. Meteor observations are made by a combination of radar and visual observations (at the Springhill Observatory) and photographic recording (both at Springhill and in the MORP network of camera-tracking stations in western Canada). Now thanks to the work of three researchers from the Planetary Sciences Section of the Herzberg Institute of Astrophysics, a new observational technique is being made available to meteor investigations. Dr. Bruce McIntosh, Dr. Douglas ReVelle and Dr. Michael Watson are developing the technique of "listening" to meteors.

When a meteor enters the Earth's atmosphere, it can be moving at very high speeds — a few hundred times the speed of sound. If the meteor penetrates the atmosphere to a sufficient depth, it will generate a shock wave, or sonic boom, which can be detected. One example of this is the Kincardine fireball, which is believed to have fallen over Lake Huron, in September, 1966. Some two hours after its fall, shock waves generated by its flight were recorded at an observatory in Boulder, Colorado.

Dr. McIntosh points out that "although we use the term 'listening' we're really talking about sound frequencies well below those which can be detected by the human ear. The shock wave a meteor produces has a typical frequency in the 1 – .01 Hz (1 – .01 cycles per second) range." However, the actual detection of the shockwave is only one aspect of a program the general objectives of which are, firstly, to gain an understanding of the physics involved in the generation and propagation of meteor shock waves and, secondly, to develop a round-the-clock system for monitoring the entry of meteors into the Earth's atmosphere. This, as Dr. McIntosh explains, has involved investigation of several complex problems. "We need to understand the aerodynamics of meteor flight; we've had to develop a model of shock wave generation; we have to know how the shock wave propagates through the atmosphere, taking into account the effects of variations in air density and winds; and finally, we have to be able to detect the rather small pressure fluctuations against a background of variations of similar magnitude caused by air turbulence and temperature changes."

The development of a mathematical model to explain meteor shock wave generation and propagation has been Dr. ReVelle's major area of interest in his work at the University

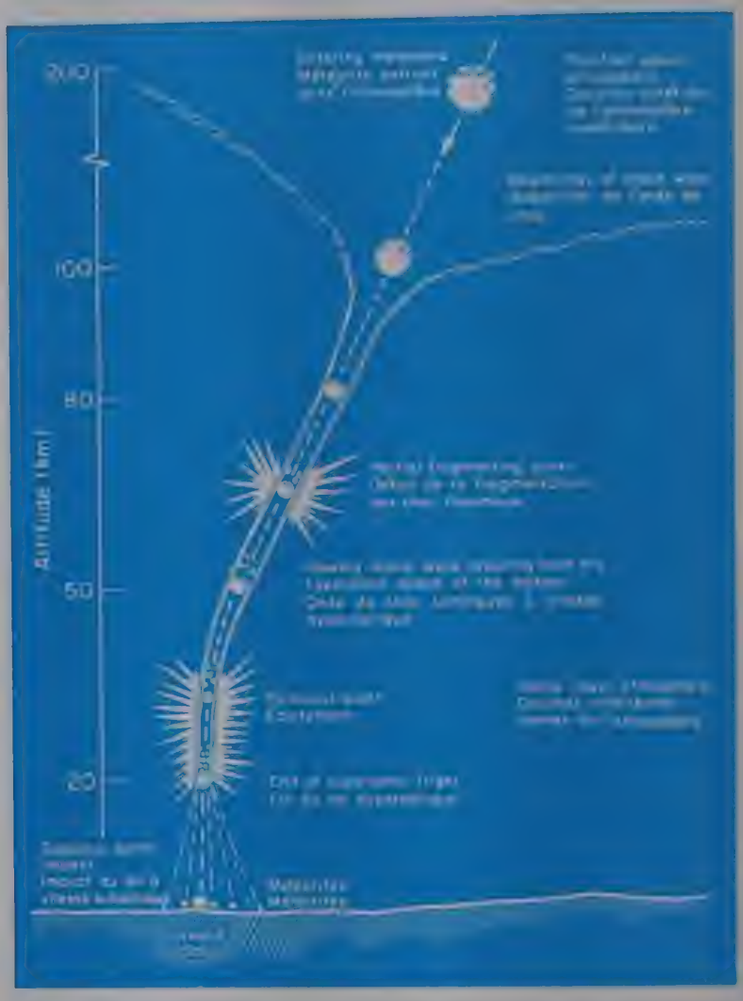


Diagram of the journey of a large meteoroid through the earth's atmosphere.

Schéma de l'entrée dans l'atmosphère d'une grande météorite.

of Michigan, and subsequently, as a Research Associate at NRC. The shock wave produced by a meteor can, he explains, be considered as similar to the type of pressure wave produced by a line-source explosion — "the sort of pressure wave you'd expect if you detonated a long thin line of explosives. The shock wave should take the form of an expanding cylinder," says Dr. ReVelle. However, this is only an approximation. When a meteor enters the outermost fringes of the atmosphere, the air is so thin that it behaves as a collection of individual molecules and the meteor is slowed and heated by collisions with them. If the meteor penetrates deeper into the atmosphere, it reaches an altitude where the air is dense enough to behave like a fluid, and this is where the shock wave starts to form. From this level downwards, air tends to "pile up" under the front of the meteor, eventually causing such high stresses that the meteor can disintegrate. This can happen several times in the course of a meteor's descent. As Dr. ReVelle says, "meteors seem to differ very widely in shape, internal structure and mechanical strength and so these disruptions can take place at a wide variety of altitudes. The disruptions also give rise to additional shock waves which can complicate considerably the simple line-source concept. Until just recently, I've treated the shock wave as a simple expanding cylinder centered on the line of flight of the meteor, but now I am taking a close look at the

Suicides dans le système solaire

La fin des météorites

En entrant dans l'atmosphère les grandes météorites donnent une onde de choc. Trois chercheurs de l'Institut Herzberg d'astrophysique étudient la naissance, la propagation et la détection de ces ondes.

John Donne aurait été surpris d'apprendre que 450 ans après avoir écrit: "Allez attraper une étoile filante!", cet ordre serait suivi à la lettre par de nombreux scientifiques qui, dans le monde entier, cherchent à récupérer des météorites. Toutefois, Donne aurait certainement apprécié immédiatement la grande importance des renseignements que l'on peut tirer de l'étude d'une "étoile filante", ou météorite, récupérée. Ces météorites sont les solitaires du système solaire. Certaines proviennent de comètes et d'autres de la ceinture d'astéroïdes du système solaire. Sur son orbite autour du soleil, la Terre entre chaque jour en collision avec des millions de météorites. Quoique toutes perdent de leur matière par ablation dans les couches supérieures de l'atmosphère, on estime que 500 environ réussissent à atteindre les couches basses sans être complètement détruites et que seulement 250 atteignent le sol. Comme il est rare de trouver des restes de météorites, ces restes devraient être précieux, en principe, mais leur valeur n'est fonction que des renseignements que l'on peut en tirer quant à l'origine et à l'évolution du système solaire.

Sous l'égide du Conseil national de recherches, le Canada dispose d'un programme étendu d'études de météorites appelé "Projet d'observation et de récupération des météorites" dont le quartier général se trouve à l'Observatoire des météores et des météorites de Springhill. Les observations se font au radar et dans le visible à l'observatoire de Springhill; on prend aussi des photographies à Springhill et dans les stations équipées de caméras de poursuite dans l'ouest du Canada. Grâce aux travaux de trois chercheurs de la section des sciences planétaires de l'Institut Herzberg d'astrophysique, une nouvelle technique d'observation permet d'étudier les météores et les météorites. Le Dr Bruce McIntosh, le Dr Douglas ReVelle et le Dr Michael Watson ont en effet mis au point une technique permettant d'"écouter" les météorites.

Lorsqu'une météorite entre dans l'atmosphère terrestre, sa vitesse est égale à plusieurs centaines de fois la vitesse du son. Si elle arrive à atteindre les couches basses, une onde de choc apparaît et c'est elle que l'on détecte au sol sous la forme d'un "gong sonique". Comme exemple, citons le cas de la "boule de feu" de Kincardine qui, pense-t-on, est tombée dans le Lac Huron en septembre 1966. Environ deux heures après sa chute, des ondes de choc émanant de cette boule de feu ont été enregistrées à l'observatoire de Boulder dans le Colorado.

Le Dr McIntosh a fait cette remarque: "Quoique nous utilisions le terme "écouter", nous pensons réellement à des fréquences sonores bien plus basses que celles que l'oreille humaine peut détecter. L'onde de choc d'une météorite à une fréquence type de 1 à 0,01 Hz environ." Toutefois, la détection des ondes de choc ne constitue que l'un des aspects du programme dont les objectifs plus généraux sont tout d'abord d'acquérir une meilleure compréhension des phénomènes physiques impliqués par la naissance et la propagation des ondes de choc puis de mettre au point un système permettant de surveiller ces entrées de météorites dans l'atmosphère terrestre 24 heures sur 24. Pour y parvenir, le Dr McIntosh nous a expliqué qu'il a fallu étudier plusieurs problèmes complexes. Écoutons-le: "Nous avons besoin de déterminer les phénomènes aérodynamiques; ceci nous a conduit à mettre au point un modèle de la formation des ondes de choc; nous avons également besoin de connaître comment l'onde de choc se propage dans l'atmosphère en tenant compte de l'influence des variations de la masse volumique de l'air et des vents; finalement, nous devons pouvoir détecter les fluctuations de pression qui sont assez petites si on les compare à celles qui sont données par la turbulence de l'air et par les variations de la température."

La mise au point d'un modèle mathématique pour expliquer la naissance et la propagation des ondes de choc constitue le domaine d'intérêt principal du Dr ReVelle qui travaillait à l'Université du Michigan avant d'être associé de recherche au CNRC. L'onde de choc produite par une météorite peut, nous a-t-il expliqué, être considérée comme semblable à celle qui est donnée par des charges explosives placées en ligne et qui exploseraient les unes après les autres. La forme de l'onde de choc serait alors celle d'un cylindre qui augmenterait de longueur et de diamètre. Toutefois, il ne s'agit là que d'une approximation. Comme les couches supérieures de l'atmosphère sont constituées de molécules d'air très espacées, on peut considérer que la météorite ne se déplace pas dans un fluide ordinaire mais se trouve freinée par les collisions répétées avec les molécules et que son énergie cinétique perdue est transformée en chaleur ce qui fait que la météorite devient très chaude et émet des rayonnements dans le visible. Plus bas, la masse volumique de l'air a beaucoup augmenté et nous avons alors affaire à un écoulement fluide au sens habituel du mot et c'est alors que l'onde de choc apparaît. A partir de cette altitude, l'air a tendance à "s'empiler" de plus en plus sur le "nez" de l'objet au fur et à mesure que l'altitude diminue ce qui donne des contraintes thermiques extrêmement élevées et provoque l'éclatement de la météorite. Ce phénomène peut se reproduire sur les morceaux qui éclatent à leur tour. Le Dr ReVelle nous a dit: "Comme les météorites diffèrent

Not in fact a submarine commander at the conning tower of his boat, but Dr. Douglas ReVelle, checking the connections in one of the insulated microphone enclosures at the Springhill Observatory.

Il ne s'agit pas du commandant d'un sous-marin qui sort de son kiosque mais du Dr Douglas ReVelle qui vérifie les connexions dans l'une des enceintes des microphones à l'observatoire de Springhill.

effects of these multiple sources on the shock wave geometry."

Dr. ReVelle's procedure has been to predict the altitudes of the regions of the atmosphere in which a meteor will produce sounds, describe the generation of the shock wave in detail, and then follow the propagation and decay of the shock waves through a model atmosphere applying known laws of refraction. In some cases, it can be shown that refraction effects will be such that the shock wave will never reach the ground — in general the steeper the entry of the meteor into the atmosphere, the more likely this is to happen. Winds also can have significant effects on shock wave propagation, especially at very high altitudes 40 – 60 km (25 – 35 miles) where they may exercise a "speaking tube" effect, ducting the shock wave over very long distances.

A shock wave associated with a particular meteor will have a characteristic frequency, that is, a frequency at which the amplitude of the air waves generated is greatest. If this characteristic frequency is known, it is possible to make deductions about the physical details of the meteor. There are several methods whereby characteristic frequencies may be determined, such as very high speed wind tunnel measurements, by studying the sonic booms produced by re-entering space vehicles, or measurement of the characteristic frequency of thunder (shock wave caused by lightning discharges). In this work, Dr. ReVelle used thunder measurements combined with numerical calculations using the appropriate equations for a line-source explosion. There remains one major unknown quantity which needs to be resolved if the calculation of a meteor's shock wave characteristic frequency is to be made with acceptable accuracy, and that is the loss of mass of the meteor due to ablation (vaporization, melting and fragmentation of the meteor due to air friction). As Dr. ReVelle says "ablation greatly influences the energy transfer process and is dependent on meteor size, shape, mass, speed, and angle of entry."

Dr. Michael Watson makes an adjustment to the main terminal box linking the four infrasonic microphones.

Le Dr Michael Watson vérifie les connexions de la boîte principale terminale reliant les quatre microphones à infra-sons.

The development of a practical detection system to record meteor shock waves was largely the responsibility of Dr. Watson. Some idea of the difficulty of this task may be given by considering that the pressure fluctuations of the shock wave at ground level are typically of the order of a few millionths of sea-level atmospheric pressure, and that they occur with frequencies of a few Hertz to a few hundredths of a Hertz.

"We have experimented with capacitor microphones," says Dr. Watson, "and with micromanometers using oil as the working fluid, pressure fluctuations causing changes in oil level." While these instruments responded adequately, they were not really suitable for field use. Finally, Dr. Watson points out, "we settled on a system using a ceramic microphone modified to have a greatly extended low frequency response. This has proved to be very rugged and suitable for unattended operation under field conditions."

The detection system had to be capable of eliminating extraneous pressure fluctuations from two sources — fluctuations due to temperature changes, and those due to air turbulence. The former were dealt with in a comparatively simple manner, the pressure sensor being enclosed in a thermally-insulated box. However, pressure fluctuations due to air turbulence are somewhat more difficult to filter out since the frequency range of these variations includes that of typical meteor-generated shock waves. The solution arrived at by Dr. Watson was to use a "spatial filter", that is, an arrangement which averages out air turbulence pressure fluctuations over a number of points in space. "This filter," he explains, "consists of a long closed pipe, with a series of small holes spaced along it, connected to the pressure sensor. Pressure fluctuations resulting from air turbulence are more or less randomly distributed along the pipe and will tend to cancel out each other. On the other hand, a pressure wave from a meteor is very long compared to the pipe length. (The pipes installed at the Springhill Observatory are 30 m [100 ft] long, whereas the wavelength of meteor shock waves can range between 300 m [1000 ft] and 3 km [10,000 ft]). This means that the shock wave contributions at each of the inlets will add to produce a maximum signal."

The installation of four infrasonic microphones at Springhill represents the first stage in this program of recording the "sounds" of bright meteors. Plans for the immediate future include a larger array to be set up on the Prairies, to be used in conjunction with the MORP camera-tracking stations. Dr. ReVelle points out: "if meteors have been well documented photographically, comparison of acoustically determined information with the camera data could be particularly useful. Future work on the complex phenomena of meteor sounds may also help unravel many puzzling questions about the Earth's middle atmosphere, as well as helping us understand more of the role of meteors in the solar system."

In addition to providing researchers with a fresh source of data on meteors, the sound monitoring project will considerably improve the chances of recovering meteorite fragments. Donne was not writing of meteors when he described ". . . a little world made cunningly of elements . . ." but the description fits nevertheless, and it is from the study of the fragments of these "little world(s)" that the origins of our own world and the system of which it is a part may be discovered. We may indeed eventually be able to tell where "all past years are." □

David Mosey

beaucoup par leur forme, leur structure interne et leur résistance aux contraintes, les éclatements peuvent avoir lieu à des altitudes très différentes. Chaque morceau donne naissance à une onde de choc supplémentaire ce qui complique beaucoup le concept de la source explosive en ligne. Jusqu'à ces derniers temps, j'ai traité l'onde de choc comme ayant la forme d'un cylindre unique en expansion et axé sur la trajectoire de la météorite mais je dois maintenant tenir compte de l'influence de ces sources multiples sur la forme de l'onde de choc."

La méthode du Dr ReVelle consiste à prévoir les altitudes des régions de l'atmosphère dans lesquelles une météorite émettra un son, à décrire la naissance de l'onde de choc en détail puis à suivre cette onde dans son développement jusqu'à sa disparition en appliquant les lois connues de la réfraction. Plus la trajectoire de la météorite s'approche de la verticale moins, en général, l'observateur au sol aura de chance d'entendre ou de pouvoir enregistrer les sons dus à cet événement. Les vents peuvent aussi avoir une influence importante sur la propagation de l'onde de choc, surtout aux très hautes altitudes, entre 40 et 60 km (25 à 35 miles) où l'on peut noter qu'ils produisent un effet tunnel de sorte que la propagation sonore sur de longues distances analogue à celle d'un guide d'ondes cylindrique est possible.

Une onde de choc liée à une météorite particulière a une fréquence caractéristique, c'est-à-dire une fréquence pour laquelle l'amplitude des ondes produites est la plus grande. Si cette fréquence caractéristique est connue il est possible de faire des déductions quant aux détails physiques de la météorite. Il existe plusieurs méthodes de détermination des fréquences caractéristiques et certaines sont utilisées pour étudier en souffleries, aux vitesses très élevées, le gong sonique produit par la rentrée de véhicules spaciaux dans l'atmosphère ou pour mesurer la fréquence caractéristique du tonnerre, c'est-à-dire de l'onde de choc produite par un éclair. Le Dr ReVelle utilise les mesures du tonnerre combinées à un calcul numérique en se servant des équations appropriées des explosions en ligne. Il reste une quantité inconnue importante à déterminer si le calcul de la fréquence caractéristique de l'onde de choc de la météorite doit être suffisamment précis; il s'agit de la perte de masse de la météorite en raison de l'ablation, c'est-à-dire de la fragmentation, de la fusion et de la vaporisation d'une partie de la météorite en raison de l'échauffement intense causé par le frottement aux très grandes vitesses. Le Dr ReVelle nous a d'ailleurs dit: "L'ablation influence grandement le processus de transfert énergétique et elle dépend de la forme, des dimensions, de la masse, de la vitesse et de l'angle d'entrée de la météorite."

Le développement d'un système pratique de détection et d'enregistrement des ondes de choc a été largement le résultat des travaux du Dr Watson. On peut se faire une idée de la difficulté de ce problème en considérant que les fluctuations de pression de l'onde de choc au niveau du sol sont de l'ordre de quelques millionièmes de la pression atmosphérique au niveau de la mer et que ces fluctuations se produisent à des fréquences de quelques hertz à quelques centièmes de hertz.

Le Dr Watson nous a dit: "Nous avons fait des expériences avec des microphones à capacité et avec des micromanomètres à l'huile." Ces instruments répondent convenablement mais ils sont peu pratiques en dehors du laboratoire, raison pour laquelle le Dr Watson nous a fait remarquer: "Nous nous sommes décidés pour un système utilisant des microphones à céramique modifiés afin d'avoir une réponse beaucoup plus étendue aux faibles fréquences. Ces microphones se sont montrés très robustes et très bien adaptés à l'exploitation automatique en campagne."

A close-up view of one of the apertures which pierce the pipe at regular intervals allowing the averaging out of pressure fluctuations caused by air turbulence.

L'un des orifices placés à intervalles réguliers sur les tuyaux et grâce auxquels on peut faire la moyenne des variations de pression dues à la turbulence de l'air.

Le système de détection devait pouvoir éliminer les fluctuations de pression sans intérêt provenant des changements de la température et de la turbulence de l'air. Les premières ont pu être éliminées assez simplement en plaçant le capteur de pression dans une enceinte isolée thermiquement. Par contre, les fluctuations de pression dues à la turbulence sont plus difficiles à filtrer puisque la gamme des fréquences de ces fluctuations comprend les fréquences des ondes de choc des météorites. La solution que le Dr Watson a trouvée consiste à se servir de "filtres spatiaux", c'est-à-dire d'un montage grâce auquel il obtient la moyenne des fluctuations de pression dues à la turbulence de l'air mesurées en un certain nombre de points de l'espace. Il nous a expliqué: "Ce filtre consiste en un long tuyau fermé dans lequel on a percé de petits trous espacés les uns des autres et reliés à un capteur de pression. Les fluctuations de pression résultant de la turbulence de l'air sont plus ou moins réparties aléatoirement le long du tuyau et ont tendance à s'annuler. D'un autre côté, une onde de pression émanant d'une météorite est très longue par rapport à la longueur du tuyau. A noter que les tuyaux installés à l'observatoire de Springhill sont longs de 30 m (100 pieds) alors que la longueur d'onde des ondes de choc des météorites peut aller de 300 m (1 000 pieds) à 3 km (10 000 pieds). Ceci signifie que les effets de l'onde de choc à l'entrée des trous des tuyaux s'ajoutent pour donner un signal maximum."

L'installation de quatre microphones à infra-sons à Springhill représente le premier pas pour enregistrer les "sons" émanant de météorites brillantes. Bientôt un grand ensemble doit être installé dans les Prairies et utilisé en conjonction avec les stations de poursuite photographique du programme d'observation et de récupération de météorites. Le Dr ReVelle nous a fait remarquer que: "Si les météorites ont été bien exploitées photographiquement, la comparaison des données obtenues par des moyens acoustiques avec les données photographiques devrait être particulièrement utile. Les travaux futurs sur les phénomènes complexes des sons émis par les météorites peuvent aussi faciliter la résolution de problèmes se rapportant à l'atmosphère moyenne et permettre de mieux comprendre le rôle des météorites dans le système solaire."

Tout en augmentant les connaissances des chercheurs sur les météorites, ces enregistrements des sons augmentent de beaucoup les chances de récupérer des fragments. Donne ne pensait pas aux météorites lorsqu'il écrivait: ". . . un petit monde fait astucieusement d'éléments . . ." mais, en tous cas, la description convient parfaitement et c'est en partant de l'étude des fragments de ces "petits mondes" que l'on découvrira peut-être les origines de notre propre monde. □

Worldwide crop protection —
Vitavax — synthesis to sales

Non-existent before 1964, systemic fungicides synthesized by Uniroyal Limited under NRC's Industrial Research Assistance Program now are being used throughout the world to protect crops from smut, rust and damping-off diseases.

Vitavax — new breakfast cereal, latest addition to the health food shelf, or modern wonder drug? No, Vitavax or 5,6-dihydro-2-methyl-1,4-oxathiin-3-carboxanilide, its chemical name, is none of these. This non-volatile, off-white crystalline product is a fungicide, and as such, is proving to be somewhat of a wonder chemical itself. Non-existent before 1964, it is now being used in 34 countries on six continents because the incidence of the diseases it controls is worldwide — smut, rust, and damping-off diseases of grains, vegetables, coffee, cotton and other crops. Vitavax is the first systemic fungicide that will control the organisms that cause such diseases at an economic cost.

Disease has plagued the land since man first began to cultivate the soil, but only in recent years have scientists found the cause of the crop losses which triggered, for example, the Irish potato famine in the 1840's and, in the 1950's, the rust epidemics which destroyed 30 per cent of spring and 80 per cent of winter wheat crops in the western United States and Canada. These diseases are known as systemic diseases because the whole plant system is affected. Protectant fungicides which traditionally have been applied to control them attack the disease organisms only on the surface, and although a few systemic fungicides exist which can control disease from within, such as the antibiotic Streptomycin, they are too expensive to be used on crops.

"There was a need for a practical systemic fungicide which could be absorbed by the seed and move through the plant," says Dr. Marshall Kulka, Manager of organic chemical research at Uniroyal Limited, Guelph, Ontario.

The beginning of this research dates back to 1962, the year the National Research Council of Canada's Industrial Research Assistance Program (IRAP) was established. At that time, emphasis of the Program was on the building up of scientific research teams, and Uniroyal, with a professional staff of 18, was one of the first companies which qualified for and received financial assistance in order to expand their research staff and initiate a research program on the synthesis of new chemicals for commercial application.

Companies participating in IRAP hold full responsibility for carrying out research in their own laboratories or under subcontract to Canadian universities, provincial research councils or commercial laboratories. They retain all titles and rights to the results of the jointly-funded research. The objective of the Program, in which NRC and the company contribute approximately equal shares, is to provide financial assistance to research teams engaged in projects of more than usual significance to the company's future and which also hold some promise of making a significant contribution to the economic well-being of the country.

Two years after initiation of the Program, in 1964, Dr. Kulka, who had concentrated his activities in the field of agricultural chemicals for Uniroyal since 1960, synthesized the first two of the practical systemic fungicides, now known by their registered trade names, Vitavax and Plantvax. Field tests were carried out at Uniroyal's experimental stations in Canada, the United States, Italy and the United Kingdom. Seeds of barley, oats and wheat, which are susceptible to smut and rust, were treated with the fungicides and the resulting crops compared with crops which were grown from untreated seed. Results showed that treatment with these systemic fungicides controlled the organisms which cause disease and led to increased crop yields. This represents a substantial financial saving for farmers all over the world. In addition, there is evidence that in some cases, Vitavax stimulates plant growth which may also lead to increased crop yields.

First sales were made to France in 1970 – the same year that toxic mercury compounds, which had been used as fungicides, were banned for use in agriculture. Other countries followed: in 1973, Greece successfully introduced Vitavax on a large scale as a cotton seed treatment. Last year, Syria, Ecuador and Bulgaria received their first

Farmers incur large financial losses when crops such as barley (left) are destroyed by smut (right). Vitavax is providing worldwide protection against this disease as well as rust and damping-off diseases of grains, vegetables and other crops.

Les cultivateurs perdent beaucoup d'argent lorsque leurs récoltes d'orge (à gauche), par exemple, sont détruites par le charbon (à droite). Le Vitavax permet aussi de protéger les récoltes dans le monde entier contre la rouille et les moisissures dues à l'excès d'humidité.

Protection mondiale des récoltes

Le Vitavax, de la synthèse à la vente

Les fongicides systémiques, synthétisés par la compagnie Uniroyal Limited dans le cadre du Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI) du CNRC, sont utilisés depuis 1964 dans le monde entier pour protéger les récoltes contre le charbon, la rouille et les moisissures dues à l'excès d'humidité.

Est-ce que le Vitavax est une nouvelle "céréale" pour petit déjeuner ou un produit pharmaceutique merveilleux des plus modernes? Non, le Vitavax, c'est-à-dire 5,6-dihydro-2-méthyle-1,4-oxathiine-3-carboxanilide, n'est ni l'un ni l'autre. Ce produit blanchâtre et non volatil, crystallin, est un fongicide qui s'est révélé être un produit chimique quelque peu merveilleux. Avant 1964, ce produit n'existait pas mais il est maintenant utilisé dans 34 pays sur 6 continents du fait qu'il permet de lutter contre certaines maladies comme le charbon, la rouille et les moisissures dues à l'excès d'humidité des grains, des légumes, du café, du coton, etc. Le Vitavax est le premier fongicide systémique et économique qui permet de détruire les organismes à la base de certaines maladies.

Ces maladies sont connues de l'homme depuis qu'il cultive la terre mais c'est seulement ces dernières années que des scientifiques ont trouvé la cause de grosses pertes dans les récoltes comme, par exemple, celles qui ont déclenché la famine d'Irlande en raison des maigres récoltes de pommes de terre au cours des années 1840 et, dans les années qui ont suivi 1950, l'épidémie de rouille qui a détruit 30% de la récolte des blés de printemps et 80% de celle des blés d'hiver dans l'ouest des États-Unis et du Canada. Ces maladies sont connues sous le nom de maladies systémiques du fait que le système entier de la plante est affecté. Les fongicides traditionnels qui ont été essayés n'attaquent que superficiellement les organismes causant la maladie et, quoiqu'il existe quelques fongicides systémiques pouvant lutter contre la maladie à l'intérieur de la plante, tel que l'antibiotique appelé streptomycine, ils coûtent trop cher pour être utilisés massivement en agriculture.

Le Dr Marshall Kulka, directeur de la recherche en chimie organique à la compagnie Uniroyal Limited, de Guelph, dans l'Ontario, nous a dit: "On avait besoin d'un fongicide systémique pratique qui peut être absorbé par les semences et se répandre ensuite dans toute la plante."

Ces recherches ont commencé en 1962, c'est-à-dire la même année que le Conseil national de recherches du Canada lançait son programme PARI. A cette époque on avait mis l'accent sur la constitution d'équipes de recherche scientifique dans le cadre de PARI et Uniroyal, qui possèdait un personnel professionnel de 18 personnes, a été l'une des premières compagnies à satisfaire les conditions nécessaires pour recevoir une aide financière afin de développer son personnel de recherche et de lancer un programme de recherches sur la synthèse de nouveaux produits chimiques d'application commerciale.

Les compagnies participant à PARI sont entièrement responsables de leurs recherches dans leurs propres laboratoires ou exécutées sous contrats accordés à des universités canadiennes, à des conseils de recherches provinciaux ou à des laboratoires commerciaux. Les résultats obtenus par ces recherches financées conjointement demeurent la propriété industrielle de ces compagnies. L'objectif du programme pour lequel le CNRC et les compagnies contribuent également dans l'ensemble est d'aider financièrement des équipes de recherche engagées dans des travaux de plus ou moins grande importance pour l'avenir de la compagnie et qui sont suffisamment prometteurs pour aboutir à une contribution importante au bien-être économique du pays.

Deux années après le lancement du programme, en 1964, le Dr Kulka, qui avait surtout fait depuis 1960 des travaux pour Uniroyal dans le domaine des produits chimiques utilisés par l'agriculture, a fait la synthèse des deux premiers fongicides systémiques pratiques maintenant connus sous les noms de Vitavax et de Plantvax. Des essais exécutés sur le terrain ont eu lieu dans les stations expérimentales de la compagnie Uniroyal au Canada, aux États-Unis, en Italie et dans le Royaume-Uni. Des semences d'orge, d'avoine et de blé qui sont susceptibles d'être attaquées par le charbon et la rouille, ont été traitées avec les

A gauche, blé sain et, à droite, blé charbonneux. Le Vitavax est le premier fongicide systémique ayant permis de lutter contre le charbon.

Healthy wheat (left) destroyed by loose smut fungus (right). Vitavax is the first systemic fungicide that will control the organisms that cause such diseases at an economic cost.

shipments and Vitavax was officially approved for used in Russia. In Pakistan, Vitavax is the only seed treatment for wheat approved and recommended by local authorities; East Germany has placed one of the largest single orders to date because loose smut of barley grown for the malting/beer industry is a critical disease in that part of Europe. Libya has bought substantial amounts of Vitavax – the first agricultural chemical sale by Uniroyal made to that country. Iran and South Korea received shipments of Vitavax last fall. In Brazil (where the sales slogan is "Viva Vitavax"), Vitavax, in addition to its conventional use as a systemic seed treatment fungicide, has been sprayed on plant seedlings of black pepper and coffee; combinations of Vitavax and Plantvax are being used advantageously in that country on string bean crops and mint for control of rust. Columbia is "sold out" of Plantvax due to a severe outbreak of bean rust. India is already using Vitavax. In the United Kingdom this summer, some 85,000 acres (34 000 ha) of wheat were treated with Plantvax against rust. In the United States, Vitavax is used on wheat, barley and cotton and it is expected that registration approval soon will be obtained for its use on field corn and rice. In Canada, Vitavax is registered for use on wheat, barley, oats and corn.

Whereas France was the sole Vitavax market in 1970, Uniroyal's agricultural chemical sales to overseas markets have now increased tenfold. Total worldwide requirements of Vitavax and Plantvax are manufactured in Uniroyal Limited Chemical Division plants in Elmira, Ontario.

Vitavax and Plantvax," says Dr. Kulka, "have not only taken over from mercurials, but they have also provided protection from diseases for which no effective control had existed earlier. When seed is treated with these chemicals, it is protected from disease for the growing season."

Within six years of the start of the project under IRAP, Uniroyal's initial research staff of 18 had increased to 100; total IRAP funding has contributed to the support of eight research projects in the company. Uniroyal now has developed a number of promising related chemicals which, it is expected, will result in new agricultural chemical products.

Why the search for other products when Vitavax and Plantvax are proving so successful?

"Once the chemistry of a product is revealed," explains Dr. Kulka, "competitors try to find another product which will do the same job. The related systemics we found were the result of 'defensive' research work after Vitavax. A number of competitors have developed some very interesting fungicides — and I am actually glad of it — not because they are going to compete with us, but because these fungicides will complement Vitavax and Plantvax."

Says Dr. W.H. Hook, Project Officer for NRC's Industrial Research Assistance Program, "Uniroyal has done a splendid job and IRAP has assisted Canadian scientists to achieve results of benefit to Canada and to agriculture around the world." ☐ **Joan Powers Rickerd**

On 2 June, Dr. Kulka (left), was acclaimed for his pioneer work in the synthesis of systemic fungicides, and became the first recipient of the Thomas W. Eadie Medal, presented by Mr. Eadie (right) and awarded by the Royal Society of Canada and Bell Canada. The Medal, which will be given annually, together with $1,000, is "for outstanding work in the field of engineering or applied science" and honors Mr. Eadie, the retired President and Chairman of Bell Canada.

Le 2 juin, le Dr Kulka (à gauche) a été acclamé pour ses travaux de pionnier dans le domaine de la synthèse des fongicides systémiques et il est devenu le premier récipiendaire de la "Thomas W. Eadie Medal", présentée par M. Eadie (à droite) et décernée par la Société royale du Canada et Bell Canada. La médaille sera accordée annuellement, en l'honneur de M. Eadie, président en retraite de Bell Canada, avec une récompense de 1 000 dollars, pour "des travaux remarquables dans le domaine du génie et des sciences appliquées."

fongicides et les récoltes ont été comparées à celles qui ont été données par des semences non traitées. Les résultats ont montré que le traitement exécuté avec ces fongicides systémiques permettait de lutter contre les organismes qui causent les maladies et de ce fait, ils ont mis en évidence que le rendement avait augmenté. Il s'agit donc d'un gain financier substantiel pour les cultivateurs du monde entier. De plus, il est évident que, dans certains cas, le Vitavax stimule la croissance des végétaux ce qui conduit également à une augmentation du rendement.

Ces produits ont été vendus tout d'abord en France en 1970, la même année que des composés toxiques du mercure qui avaient été utilisés comme fongicides, étaient interdits dans l'agriculture. D'autres pays ont suivi: en 1973, la Grèce a introduit avec succès le Vitavax à grande échelle pour traiter les graines de coton. L'année dernière, la Syrie, l'Équateur et la Bulgarie ont reçu leurs premiers arrivages de Vitavax qui a été officiellement approuvé pour être utilisé en Russie. Au Pakistan, le Vitavax est le seul produit utilisé, pour le traitement du blé, à être approuvé et recommandé par les autorités locales. En Allemagne de l'Est, on a commandé l'une des plus grandes quantités de Vitavax à ce jour car le charbon attaque l'orge qui sert à fabriquer la bière dans cette partie de l'Europe et c'est la raison pour laquelle cette maladie est critique pour cette industrie. La Lybie a acheté des quantités importantes de Vitavax et c'est la première fois qu'Uniroyal vend des produits chimiques d'application agricole à ce pays.

L'Iran et la Corée du Sud ont reçu du Vitavax l'automne dernier. Au Brésil, où l'on dit "Viva Vitavax", ce produit sert aussi à protéger par pulvérisation les graines de poivre noir et de café. Les combinaisons de Vitavax et de Plantvax sont utilisées avantageusement en ce pays pour lutter contre la rouille des haricots et de la menthe. La Colombie a tout utilisé son Plantvax en raison d'une attaque massive de rouille dans des cultures de haricots. L'Inde se sert déjà de Vitavax. Au Royaume-Uni cet été, environ 85 000 acres (34 000 ha) de blé ont été traitées au Plantvax contre la rouille. Aux États-Unis, le Vitavax est utilisé dans le cas du blé, de l'orge et du coton et l'on s'attend à ce que l'on obtienne bientôt une approbation officielle pour son utilisation dans les champs de maïs et de riz. Au Canada, Vitavax est enregistré pour servir dans le cas du blé, de l'avoine, de l'orge et du maïs.

Alors que la France était le seul marché de Vitavax en 1970, les ventes d'Uniroyal pour l'agriculture sur des marchés outre-mer sont dix fois plus importantes. C'est dans son usine d'Elmira, dans l'Ontario, que la compagnie Uniroyal fabrique tous les Vitavax et les Plantvax satisfaisant la demande mondiale. Le Dr Kulka nous a dit: "Non seulement le Vitavax et le Plantvax ont permis de remplacer les produits à base de mercure mais ils ont aussi permis de protéger les plantes contre des maladies pour lesquelles on ne disposait d'aucun produit jusqu'à maintenant. Lorsque des graines et des semences sont traitées avec ces produits chimiques, la protection dure toute la saison."

Au cours des six années d'études dans le cadre de PARI, le personnel de recherche qui était de 18 personnes est passé à 100. Les fonds accordés pour la recherche dans le cadre de PARI ont servi à financer huit projets de recherche de la compagnie. Uniroyal a maintenant mis au point un certain nombre de produits chimiques prometteurs qui devraient, pense-t-on, conduire à de nouveaux produits chimiques utilisables dans l'agriculture.

Pourquoi est-il intéressant de continuer la recherche pour obtenir d'autres produits quand le Vitavax et le Plantvax donnent de si bons résultats?

Le Dr Kulka nous a dit: "Lorsque la composition chimique d'un produit est divulguée, les concurrents essaient aussitôt d'en trouver un autre qui rendra les mêmes services. Les systémiques parents que nous avons trouvés ont été le résultat d'une recherche "défensive" après avoir trouvé le Vitavax. Un certain nombre de concurrents ont mis au point quelques fongicides très intéressants et nous nous en félicitons, non pas parce qu'ils deviennent nos concurrents, mais parce que ces fongicides compléteront le Vitavax et le Plantvax."

Le Dr W.H. Hook, chef principal des projets pour le programme PARI du CNRC, nous a dit: "La compagnie Uniroyal a fait un travail remarquable et PARI a aidé les scientifiques canadiens à obtenir des résultats pour le plus grand avantage du Canada et de l'agriculture dans le monde entier." □

Scanning electron microscope produces three-dimensional image of smut-infected oats. Magnified 2,000 times.

Le microscope électronique à balayage donne une image tridimensionnelle de l'avoine contaminée. Grossissement: 2000 fois.

The metavirus —
On the edge of life

The metavirus, a disease agent in potatoes, has been shown by NRC scientists to be nothing more than a piece of ribonucleic acid. Sometimes referred to as a "pathogene" (literally a pathogenic gene) it is the simplest form of "life" yet discovered.

According to the theory of evolution, all multicellular forms of life, both plants and animals, can ultimately be traced back to much simpler, unicellular (single-celled) organisms that lived in the distant past. Evidence from existing plants and animals, as well as from the fossil record (a catalogue of skeletal remains left by ancient life forms) tends to verify this hypothesis. As to the origins of these primordial cells, theoretical biologists suggest that they evolved from still more primitive structures, probably from some kind of self-duplicating molecule that 'lived' in the organic soup of ancient seas. Although it is easy to conceive of these cells, since many unicellular forms have survived, the last idea is more difficult to accept because these pristine molecules left no skeletal remains behind and analogues of the original structures do not exist today.

Or do they?

Recently, at the National Research Council of Canada's Division of Biological Sciences, virologist Dr. R.P. Singh, a visiting scientist from Agriculture Canada working in cooperation with NRC's Dr. S.A. Narang, isolated and characterized three forms of an infectious agent which cause potatoes to take on an elongated or spindle form rather than their regular spheroidal shape. The most interesting aspect of this agent is its structural simplicity. In effect it is nothing more than a piece of ribonucleic acid (RNA), the necklace-like strands of nitrogen base molecules used by cells to transmit genetic information from the deoxyribonucleic acid (DNA) in the nucleus out to the cytoplasm for building proteins. Termed a "metavirus" by the NRC researchers (the full name being the "potato spindle tuber metavirus"), it has also been called a "viroid" by other researchers in the field, as well as a "pathogene" — quite literally a pathogenic gene.

As a nucleic acid, the metavirus belongs to a class of molecules that are unique in living systems. The genetic code is contained in the base sequence of these unusual, linear molecules, in the DNA form for most living systems and the RNA form for some viruses. When life reproduces, these nucleic acids are used as templates in a process that generates exact replicas of the original mold. In one sense then, they can be described as "self-duplicating".

Until the discovery of this disease agent, viruses were considered to be the most primitive forms of life, consisting only of a strand of nucleic acid, either RNA or DNA, surrounded by a protective protein cast.

"The metavirus doesn't even have this protein coat," says Dr. Singh, "which raises many questions, such as what method it uses to penetrate cell membranes, and how it escapes destruction by the cell's internal defences. When intruded upon in this manner, living cells normally release an enzyme called ribonuclease (RNase) which breaks down RNA molecules".

In addition, continues Dr. Singh, these infectious agents are much smaller than most forms of viral RNA, the chain length of the larger not exceeding 300 base units, and the smaller just 100 base units in length.

It was this small size that intrigued Dr. Singh and his fellow researchers when they first began their investigation of the potato infection at the Agriculture Canada Research Station in Fredericton, New Brunswick.

"On fractionating diseased potato cells to isolate the infective agent, we found that it wasn't in the fractions where one would normally expect to find such an organism," recalls Dr. Singh. "Instead, it turned up in the fraction containing the cell's transfer RNA (t-RNA), a relatively small nucleic acid used to transfer or carry amino acids to sites in the cytoplasm where proteins are constructed."

With this, it became apparent that an investigation of the metavirus would be, in effect, a study of nucleic acids, which resulted in Dr. Singh's coming to NRC's Division of Biological Sciences to work with Dr. S.A. Narang in a laboratory set up for just this type of research. Dr. Narang's interests involve the structures of nucleic acids and how they relate to the over-all mechanism in the nucleus controlling gene expression.

Through a series of techniques that take advantage of differences in molecular size, charge, and structure, the scientists at NRC succeeded in isolating three RNA fractions associated with infectivity. These fractions were 'digested' or broken down with ribonuclease enzymes and the fragments were labelled with radioactive phosphorus (P^{32}). The digests were then "fingerprinted", a technique that involves separating the fragments by electrophoresis in one direction, followed by chromatography in an orthogonal or right-angle direction. When placed on a photographic plate which detects the radioactive labels, these fractions were found to have dissimilar fingerprint patterns.

"These dissimilar patterns indicate a difference in the nitrogenous base sequence of these infective fractions," says Dr. Narang. "And this demonstrates that we are dealing with three distinct 'species' of metavirus."

During the course of the structural work, the scientists also considered an important practical problem, namely, how

Research Officer Mr. Joseph Michniewicz injects a sample of "crude" nucleic acid from infected potato cells into a high pressure liquid chromatograph. The instrument is used to separate the infectious agent (the metavirus) from other forms of nucleic acid found in the cells.

Un chercheur, M. Joseph Michniewicz, injecte dans un chromatographe à phase liquide à haute pression un échantillon d'acide nucléique "brute" provenant de cellules de pommes de terre infectées. Cet instrument est utilisé pour séparer l'agent infectieux (le métavirus) des autres formes d'acide nucléique trouvées dans les cellules.

Le métavirus
Resquilleur génétique

Des scientifiques du CNRC ont démontré que le métavirus, agent infectieux de la pomme de terre, n'est rien d'autre qu'un morceau d'acide ribonucléique. Qualifié parfois de "pathogène", ce gène pathogène, — car il s'agit bien d'un gène, — est la forme de "vie" la plus simple découverte jusqu'à maintenant.

D'après la théorie de l'évolution toutes les formes de vie multicellulaires, tant animales que végétales, ont pour lointains ancêtres des organismes unicellulaires beaucoup plus simples et cette hypothèse semble être confirmée par l'étude des plantes et des animaux actuels et par celle des fossiles. Pour ce qui est de l'origine des premières cellules, les biologistes ont émis l'hypothèse qu'elles proviennent de structures encore plus primitives qui seraient probablement celles d'une sorte de molécules autoreproductrices qui auraient "vécu" dans la masse organique de mers anciennes. Bien qu'il soit possible de se représenter des modèles de ces cellules du fait que de nombreuses formes unicellulaires ont survécu, la dernière idée émise est plus difficile à accepter parce que ces molécules primitives n'ont laissé derrière elles aucun squelette et qu'il n'existe pas de nos jours de structures analogues à ces lointaines structures d'origine.

Mais est-ce bien le cas?

Récemment, le Dr R.P. Singh, virologue invité d'Agriculture Canada et travaillant à la Division des sciences biologiques du Conseil national de recherches du Canada en collaboration avec un autre chercheur de cette Division, le Dr S.A. Narang, a isolé et défini trois formes d'un agent infectieux à qui l'on attribue la forme allongée ou fuselée qu'ont parfois les pommes de terre au lieu de leur forme sphérique habituelle. La caractéristique la plus intéressante de cet agent infectieux est sa simplicité structurale. Ce n'est en effet rien de plus qu'un morceau d'acide ribonucléique (ARN), c'est-à-dire un cordon de molécules à base azotée utilisées par les cellules pour transmettre l'information génétique contenue dans l'acide désoxyribonucléique (ADN) du noyau au cytoplasme pour la fabrication des protéines. Qualifié de "métavirus", abréviation de "métavirus de la pomme de terre à tubercule fuselé", par les chercheurs du CNRC, d'autres chercheurs l'ont également qualifié de "viroïde" ainsi que de "pathogène", c'est-à-dire, littéralement, de gène pathogène.

Étant un acide nucléique, le métavirus appartient à une classe de molécules qui sont uniques chez les organismes vivants. Le code génétique est contenu dans la séquence fondamentale de ces molécules inhabituelles et linéaires, sous forme d'ADN pour la plupart des organismes vivants et d'ARN pour certains virus. Lors de la reproduction, ces acides nucléiques servent de modèles au processus conduisant à l'exacte duplication de l'original et c'est pourquoi l'on peut les qualifier, d'une certaine manière, d'"autoreproducteurs".

Avant la découverte de cet agent pathogène on pensait que les virus représentaient la forme de vie la plus primitive et qu'ils étaient uniquement constitués d'un cordon d'acide nucléique (ARN ou ADN) entouré d'une couche protéinique protectrice.

Laissons la parole au Dr Singh: "Le métavirus n'a même pas cette couche protéinique et ceci soulève de nombreuses questions parmi lesquelles: quelle méthode utilise-t-il pour pénétrer les membranes cellulaires, et comment évite-t-il d'être détruit par les défenses internes de la cellule. Face à ce genre d'intrusion, les cellules vivantes libèrent habituellement un enzyme appelé ribonucléase (RNase) qui décompose les molécules d'ARN."

Par ailleurs, ces agents infectieux sont beaucoup plus petits que la plupart des formes virales de l'ARN, la longueur de la chaîne du plus grand de ceux-ci ne dépassant pas 300 unités de base, la longueur du plus petit étant juste égale à 100 unités de base.

C'est cette petite dimension qui a intrigué le Dr Singh et ses collègues au début de la recherche sur l'infection de la pomme de terre à la station de recherches d'Agriculture Canada, à Fredericton, dans le Nouveau-Brunswick et le Dr Singh ajoute:

"En divisant les cellules malades de la pomme de terre pour isoler l'agent infectieux, nous avons constaté qu'il ne se trouve pas dans les parties où l'on s'attendrait normalement à trouver un tel organisme. Contre toute attente, c'est dans la partie contenant l'ARN de transfert de la cellule (ARN t), acide nucléique relativement petit utilisé pour transférer ou transporter les acides aminés dans les sites du cytoplasme où sont construites les protéines, qu'on l'a découvert."

Ces données étant acquises, il est devenu apparent qu'une étude des métavirus serait, en fait, une étude des acides nucléiques et c'est ce qui a conduit le Dr Singh à venir travailler à la Division des sciences biologiques du CNRC en collaboration avec le Dr S.A. Narang dans un laboratoire créé spécialement pour ce type de recherche. Le Dr Narang s'intéresse aux structures des acides nucléiques et à leur rapport avec le mécanisme qui, dans le noyau, contrôle l'expression génétique.

Au moyen d'une série de techniques tirant partie des différences de dimension moléculaire, de charge et de structure, les chercheurs du CNRC sont parvenus à isoler trois parties d'ARN liées aux facteurs infectieux. Ces parties ont été "digérées" ou décomposées par le ribonucléase et les fragments ont été marqués avec du phosphore radioactif (P^{32}). On a ensuite pris "l'empreinte" des substances

Dr. R. Singh checks the read-out on an ultraviolet spectrophotometer. When the effluent fractions from a separatory column are analyzed by ultraviolet light at a specific wavelength, the pattern of nucleic acid separation is traced out on the chart recorder shown. Each "peak" on the recorder curve represents a different nucleic acid(s) (one of which is the metavirus). The final result is a nucleic acid "profile" of the column effluent.

Le Dr R. Singh vérifie les données sortant d'un spectrophotomètre à ultraviolets. Après analyse, à une longueur d'onde spécifique de l'ultraviolet, des parties effluentes d'une colonne de séparation, la configuration de la séparation de l'acide nucléique est enregistrée graphiquement. Chaque pic du graphique représente un acide nucléique différent et l'un de ces acides est le métavirus. Le résultat final obtenu est un "profil" des acides nucléiques de l'effluent de la colonne.

A simple assay technique. Healthy potato cells are inoculated with different nucleic acid fractions to determine which of them is infective. The fraction which elicits the disease characteristics in the leaf will contain the metavirus.

Une technique d'analyse simple suivant laquelle on inocule différentes parties d'acide nucléique à des cellules saines de pommes de terres pour déterminer la partie infectieuse. La partie qui provoque l'apparition des caractéristiques pathogènes dans la feuille est celle qui contient le métavirus.

to control the disease. The metavirus is widespread in most potato-growing areas of North America and appears capable of passing through seeds from one generation to the next. Although humans are not susceptible to the infection, it can cause crop yield losses that have economic consequences for potato farmers. Because it passes into the potato reproductive cells, seed stocks can be infected, which greatly reduces their sale value. It has been shown that other agricultural plants are infected by forms of these "virulent genes" as well, such as tomatoes, coconuts and a variety of citrus fruits.

The experimental approach to finding a chemical agent to control the disease is relatively straightforward but involves arduous, time-consuming work. Potato plants are treated with a chemical, and then "inoculated" with the metavirus to see if the treatment inhibits the infection. The process is simply repeated until a chemical is discovered that prevents the growth of the disease agent.

Dr. Singh screened a number of promising chemicals in a logical, sequential manner looking for an effective inhibitory substance. However, his success came not from this orderly progression but from one of those lucky flashes of insight that play such an important role in scientific research.

One day he decided to spray the potato plants with RAID, a commercially available insecticide.

"To our surprise, it was very effective," says Dr. Singh. "Lesions did not appear on the plant leaves that had been treated, indicating that the metavirus was unable to grow. We then obtained the chemical composition of the insecticide from its manufacturers, Messrs. S.C. Johnson and Son Limited (Brantford, Ontario) and began testing the individual constituents. One of these, piperonyl butoxide was shown to be the inhibitor. There is now an excellent possibility that the disease can be controlled with this substance or one of its derivatives. Because it is produced by plants, piperonyl butoxide can be broken down by natural processes, making it safe from an ecological point of view."

One of the interesting theoretical questions in this work concerns the mode of activity of the metavirus, that is, the way in which it reproduces itself inside the host. There is so little genetic information in these RNA molecules that it cannot possibly take the normal route of nucleic acid replication used by the cell. Codes for building specific enzymes that mediate the synthesis of new RNA are required, and the metavirus barely has enough information for the manufacture of a single enzyme, let alone several.

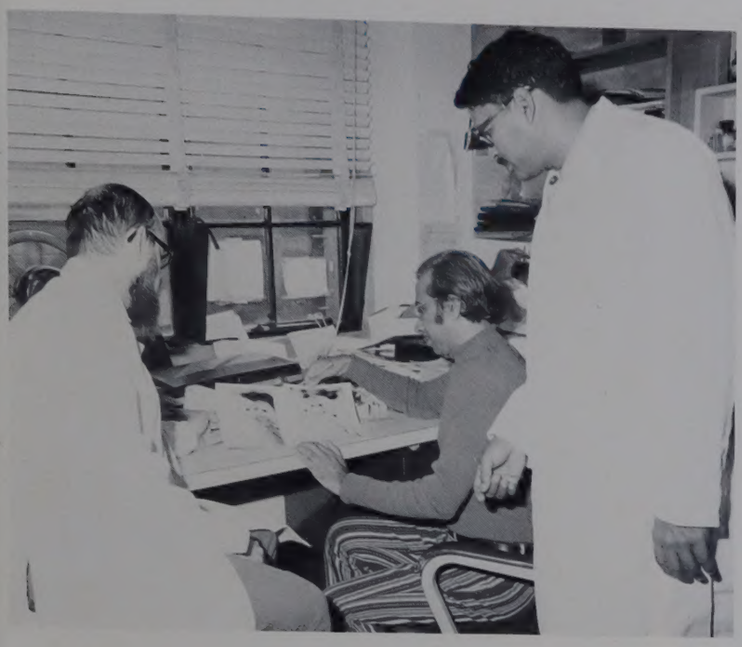
One hypothesis to explain this reproduction involves "reverse transcriptase", an enzyme capable of synthesizing DNA using RNA as a template. This enzyme would transcribe the metavirus RNA code to DNA, so the idea goes, which would then be used to 'print out' replicas of the metavirus using the cell's normal mechanisms for this purpose. The reverse order of this synthesis — DNA to RNA — was assumed to be the only direction of transcription until a few years ago when biochemist Howard M. Temin showed that an enzyme existed that mediated the reverse reaction.

A second hypothesis suggests that the DNA sequence that codes for the infectious RNA has always existed, albeit unexpressed, in the host cell's genome. What the metavirus does is act as an "initiator", attaching itself to a special, complementary sequence along the host DNA which "turns on" the replicating mechanism for this unexpressed genetic information. Recent evidence, in which infectious RNA isolated from diseased cells was found in association with DNA, lends support to this explanation.

Says Dr. Narang: "We can now say positively that the mode of activity of the metavirus has something to do with its binding to the host DNA. Further studies of this DNA-RNA complex should tell us if the metavirus, in the role of a template subverting the host cell's replicating mechanism, is a credible hypothesis." □

Wayne Campbell

Le métavirus . . .



Mr. Michniewicz (left), Dr. Narang (center), and Dr. Singh view the "fingerprints" of two different kinds of metavirus. These are obtained by breaking down the purified forms with enzymes, and spreading out the resulting fragments in a special process that takes advantage of size and charge differences. In this way, two infective fractions were shown to have different sequences of nitrogenous bases, the building blocks of nucleic acids. As such, they can be considered as two distinct species.

M. Michniewicz (à gauche), le Dr Narang (au centre) et le Dr Singh examinent les "empreintes" de deux métavirus de types différents. Ces empreintes sont obtenues en décomposant les formes purifiées des métavirus avec des enzymes et en étalant les fragments résultants à l'aide d'un procédé spécial basé sur les différences de dimensions et de charges. C'est de cette manière que l'on est parvenu à démontrer que deux parties infectieuses avaient des bases azotées (éléments de construction des acides nucléiques) de différentes séquences et, de ce fait, nous pouvons les considérer comme des espèces distinctes.

résultant de cette digestion, technique faisant appel à la séparation des fragments par électrophorèse dans une direction et suivie d'une chromatographie orthogonale, c'est-à-dire à angle droit. Après avoir placé ces parties sur une plaque photographique pour déterminer leur identité radioactive on a constaté que les configurations de leurs empreintes étaient dissemblables.

Écoutons le Dr Singh: "Ces configurations dissemblables sont indicatrices d'une différence dans la séquence fondamentale de l'azote de ces parties infectieuses et ceci démontre que nous avons affaire à trois "espèces" distinctes de métavirus."

Au cours des travaux sur les structures, les chercheurs ont également tenu compte d'un important problème pratique qui est de savoir comment lutter contre la maladie. Le métavirus est très répandu en Amérique du Nord et il semble apte à passer d'une génération à l'autre. Bien que les humains ne soient pas sujet à cette infection, celle-ci peut entraîner des pertes de récoltes affectant économiquement les cultivateurs. Du fait que le virus pénètre dans les cellules reproductrices de la pomme de terre, les stocks de semences peuvent être infectés ce qui réduit considérablement leur valeur commerciale. On a également démontré que d'autres plantes cultivées, comme les tomates, les noix de coco et toute une variété de citrons sont infectées par certaines formes de ces "gènes virulants".

L'approche expérimentale visant à découvrir un agent chimique permettant de lutter contre la maladie est relativement directe mais elle implique un travail laborieux. Les semences sont d'abord traitées avec un produit chimique puis on leur inocule le métavirus pour voir si l'infection est inhibée et le processus est simplement répété jusqu'à ce que l'on découvre un produit chimique arrêtant le développement de l'agent pathogène.

Le Dr Singh a testé un certain nombre de produits chimiques prometteurs en procédant rationnellement et par étapes successives pour trouver une substance inhibitrice efficace. Il ne doit cependant pas son succès à cette progression ordonnée mais à une de ces idées inattendues qui jouent un rôle si important dans la recherche scientifique.

En effet, un jour il lui est venue l'idée de traiter des pieds de pommes de terre avec RAID, insecticide vendu dans le commerce.

Laissons encore la parole au Dr Singh: "Quelle ne fut pas notre surprise de constater son efficacité car aucune lésion n'est apparue sur les feuilles traitées, ce qui indiquait que le métavirus était incapable de se développer. Nous avons alors demandé aux fabricants de l'insecticide, la compagnie S.C. Johnson and Son Limited, de Brantford, dans l'Ontario, de nous en communiquer la formule et nous avons ensuite essayé chacun des éléments entrant dans sa composition. L'un de ceux-ci, le butylate de pipéronyle s'est révélé être un inhibiteur. Il y a maintenant tout lieu de penser que la maladie peut être jugulée par cette substance ou l'un de ses dérivés. Le butylate de pipéronyle étant une substance fabriquée par les plantes, il est possible de le décomposer par des processus naturels ce qui garantit son inocuité du point de vue écologique."

L'un des points théoriques intéressants de ce travail est le mode d'activité des métavirus, c'est-à-dire la façon dont ils se reproduisent à l'intérieur de l'hôte. Ces molécules d'ARN contiennent si peu d'information génétique qu'il est impossible de suivre le processus normal de duplication de l'acide nucléique suivi par la cellule. Les codes nécessaires à la construction des enzymes spécifiques intervenant dans la synthèse d'un nouvel ARN sont indispensables et le métavirus a tout juste assez d'information pour fabriquer un seul enzyme et il est donc exclu qu'il puisse en fabriquer plusieurs.

Une des hypothèses avancées pour expliquer cette reproduction fait appel à la "transciptase inverse", enzyme capable de synthétiser l'ADN en se servant de l'ARN comme modèle. Cet enzyme transcrirait le code de l'ARN du métavirus en ADN qui servirait ensuite à "l'impression" des reproductions du métavirus à l'aide des mécanismes normaux. Jusqu'à ces toutes dernières années on a supposé que l'ordre inverse de cette synthèse, c'est-à-dire de l'ADN en ARN, était la seule direction dans laquelle la transcription était possible lorsque le biochimiste Howard M. Temin a démontré qu'il existait un enzyme qui présidait à cette réaction inverse.

Dans une seconde hypothèse, on émet l'idée que la séquence d'ADN qui codifie l'ARN infectieux a toujours existé, bien qu'à l'état potentiel, dans le génome cellulaire de l'hôte. Le rôle du métavirus est donc celui de "déclencheur" s'attachant à une séquence spéciale et complémentaire le long de l'hôte ADN qui "déclenche" le mécanisme de reproduction de cette information génétique non exprimée. Cette explication semble confirmée par la découverte récente que l'ARN infectieux isolé de cellules pathogènes a été trouvé associé à de l'ADN.

Et, de conclure le Dr Narang: "Nous pouvons maintenant affirmer que le mode d'action du métavirus est de quelque façon lié à son rôle d'agent de conjugaison avec l'hôte ADN. La poursuite de l'étude de cette conjugaison pourrait nous permettre de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse selon laquelle le métavirus entraverait le mécanisme de reproduction cellulaire de l'hôte." □

Cover: The yellow flowers of rapeseed, a plant that represents an important source of revenue for Prairie farmers. The success of this "scientifically developed" plant in western Canada (story page 4) has not only led to national self-sufficiency in edible oil production, but has also made Canadians the largest exporters of rapeseed in the world. Photograph by Bruce Kane, NRC. Below: Some of the storeshelf products which contain rapeseed oil. It is utilized in margarines, shortenings, salad and cooking oils. The cake left over when the oil is pressed from the seed finds extensive use as a protein additive in livestock rations. Photograph by the Prairie Regional Laboratory, NRC.

Notre couverture: Fleurs jaunes du colza qui est une importante source de revenus pour les fermiers des Prairies. Le succès de cette variété obtenue scientifiquement dans l'ouest du Canada (voir l'article page 5) a permis de satisfaire à nos besoins en huile comestible et de faire du Canada le plus grand exportateur de colza du monde. Photographie de Bruce Kane, du CNRC. Ci-dessous: Certains produits d'épicerie contenant de l'huile de colza. Cette huile sert à fabriquer des margarines, des graisses de cuisine et des huiles de salade et de cuisson. Les tourteaux que l'on obtient après avoir passé les graines au pressoir servent à la nourriture des animaux et complètent leur alimentation en protéines. Photographie du Laboratoire régional des Prairies du CNRC.